

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANÁLISE DO INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA O ALCANCE DA  
MÁXIMA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM  
EDIFÍCIO**

**GUSTAVO DAOU PALLADINI**

**Florianópolis, junho de 2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE DO INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA O ALCANCE DA  
MÁXIMA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM  
EDIFÍCIO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em  
Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa  
Catarina, como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Engenheiro Civil.  
Orientador: Roberto Lamberts, PhD

**GUSTAVO DAOU PALLADINI**

**Florianópolis, junho de 2016**

Palladini, Gustavo Daou

Análise do investimento necessário para o alcance da máxima classificação de eficiência energética de um edifício / Gustavo Daou Palladini ; orientador, Roberto Lamberts - Florianópolis, SC, 2016.

87 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Eficiência energética em edificações. 3. Certificações Energéticas. I. Lamberts, Roberto. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

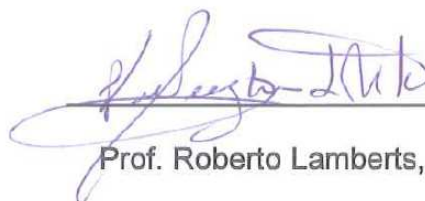
# ANÁLISE DO INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA O ALCANCE DA MÁXIMA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO

GUSTAVO DAOU PALLADINI

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido e julgado pela banca  
examinadora para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Profa. Lia Caetano Bastos, Dra. Coordenadora do TCC

## **Banca Examinadora:**



---

Prof. Roberto Lamberts, PhD Orientador

Prof. Ricardo Rüther, PhD

Prof. Veridiana Atanásio Scalco, Dra.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais Luiz Antônio Palladini e Nadya Daou Palladini por todo o amor, carinho e incentivo dedicados em minha formação e educação. Palavras não são eficazes na descrição de toda a gratidão por vocês e o meu irmão Leonardo Daou Palladini, por todos as conversas e conselhos diretos e indiretos que recebi.

Ao professor Roberto Lamberts, pelas dicas, preocupação e dedicação empenhados durante a orientação deste trabalho.

Aos professores Ricardo Rüther e Veridiana Atanásio Scalco, pela disponibilidade em fazer parte da banca examinadora desse trabalho.

Ao Engenheiro Carlos Alberto Kita Xavier, por disponibilizar o projeto da edificação utilizada neste estudo.

A Tainá Cardoso Gevaerd pela compreensão e paciência durante a elaboração deste trabalho.

A todos os meus amigos e irmãos de amizade que sempre estiveram presentes durante o meu crescimento, fazem parte da minha formação.

A minha turma 10.2, por todos os momentos (e que momentos) passados juntos que sempre serão lembrados.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram com minha formação, muito obrigado.

## RESUMO

Certificações energéticas em edificações são formas de avaliação do desempenho termo energético de edifícios. Sabe-se que as edificações são responsáveis por aproximadamente 48% do consumo de energia no Brasil, e que uma grande parcela da população aprova equipamentos e soluções consideradas sustentáveis em imóveis e inclusive está disposta a pagar mais por imóveis considerados sustentáveis. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo comparar o custo de implantação das modificações em um edifício já existente para que este atinja o nível máximo de classificação segundo o Programa brasileiro de etiquetagem em edificações. O edifício é composto por duas torres, sendo uma de uso comercial e outra de uso residencial. A análise mostrou que para a edificação comercial foram necessárias apenas de mudanças na cobertura para transformar o edifício de Nível E para nível A. Já para a torre residencial, são necessárias mudanças na cobertura, venezianas, sistema de aquecimento de água e equipamentos de redução de consumo de água para que todas as unidades alcançassem o nível A de classificação. Através de pesquisas de mercado e estimativas através da TCPO, foi possível estimar o custo de implantação das modificações e comparar isso com as soluções já existente. Essa análise mostrou que para a torre comercial, o impacto é de apenas 0,14% no custo global da obra e para a edificação residencial o custo foi de 3,30%, também em relação ao custo total da obra.

## **ABSTRACT**

Building energy certification are ways of evaluating thermo-energetic performance of buildings. It is known that buildings are responsible for approximately 48% of energy consumption in Brazil, and most of the population approves sustainable equipment and solutions on buildings and are even willing to pay more for property considered sustainable. Thus, this study aims to compare the cost of implementation of the changes in an existing building to reach the maximum level of classification according to the Brazilian Program of building labeling. The building consists of two towers, one commercial and other residential use. The analysis showed that for the commercial building were required only changes in the roof to transform the building level and to level A. As for the residential tower, changes are needed on the roof, shutters, water heating system and water consumption reduce equipment to all of units reach the maximum classification. Through market research and estimates by TCPO, it was possible to estimate the cost of implementation of changes and compare it with the existing solutions. This analysis showed that for commercial tower, the impact was only 0.14% of the overall cost of construction while residential construction cost was 3.30%, in relation to the total cost of the building.

## Sumário

RESUMO .....	6
ABSTRACT .....	7
1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1 Objetivo do trabalho .....	14
1.2 Objetivos específicos .....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
2.1 Desenvolvimento Sustentável .....	15
2.2 Contexto histórico .....	15
2.2.1 Contexto histórico Mundial .....	16
2.2.2 Contexto histórico brasileiro .....	18
2.3 Etiquetagem em edificações .....	20
2.3.1 Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações .....	21
3. EDIFICAÇÃO OBJETO DE ESTUDO .....	27
3.1 Localização da edificação .....	27
3.2 Caracterização da Edificação .....	27
3.2.1 Base da Edificação .....	29
3.2.2 Torre Comercial .....	32
3.2.3 Torre Residencial .....	36
4. METODOLOGIA .....	40
4.1 Avaliação energética .....	40
4.1.1 Torre Comercial .....	40
4.1.2 Torre residencial .....	43
4.3 Propostas de melhorias .....	47
4.4 Análise econômica .....	47
5. AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	49
5.1 Torre Comercial .....	49
5.1.1 Pré-Requisitos .....	49
5.1.2 Envoltória .....	51
5.1.3 Sistema de Iluminação .....	53
5.1.4 Sistema de condicionamento de ar .....	53
5.2 Torre Residencial .....	54
5.2.1 Envoltória .....	54
5.2.2 Aquecimento de água .....	59
5.2.3 Bonificações .....	59



5.2.4 Classificação da Edificação .....	60
<b>6. PROPOSTAS DE MELHORIAS .....</b>	<b>62</b>
6.1 Torre Comercial.....	62
6.1.1 Envoltória .....	62
6.1.2 Sistema de Iluminação .....	65
6.1.3 Sistema de condicionamento de ar .....	65
6.2 Torre Residencial.....	66
6.2.1 Envoltória .....	66
6.2.2 Aquecimento de água .....	68
6.2.3 Bonificações .....	70
6.2.4 Classificação Final.....	71
<b>7. ANÁLISE ECONÔMICA .....</b>	<b>72</b>
7.1 Torre Comercial.....	72
7.1.1 Cobertura .....	72
7.2 Torre residencial.....	75
7.2.1 Envoltória .....	75
7.2.2 Aquecimento de água .....	78
7.2.3 Bonificações .....	79
7.3 Valor total.....	81
<b>8. CONCLUSÕES .....</b>	<b>83</b>
8.1 Sugestão para trabalhos futuros.....	84
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>85</b>

## Lista de Figuras

Figura 1 - Etiqueta de projeto de uma edificação comercial e de uma edificação residencial .....	24
Figura 2 - Localização da edificação.....	28
Figura 3 - Perspectiva da edificação.....	28
Figura 4 - Planta do pavimento térreo da base do edifício .....	29
Figura 5 - Planta do segundo pavimento da base do edifício .....	30
Figura 6 - Detalhe da ventilação natural da base do edifício.....	31
Figura 7 - Planta do pavimento pilotis.....	32
Figura 8 - Planta baixa dos pavimentos tipo da torre comercial.....	33
Figura 9 - Fachada da torre comercial .....	34
Figura 10 - Cobertura da torre comercial .....	35
Figura 11- Detalhe da cobertura da torre comercial .....	35
Figura 12 - Detalhe dos protetores dos condicionadores de ar.....	36
Figura 13 – Planta baixa de uma unidade habitacional .....	37
Figura 14 - Planta baixa da torre residencial .....	37
Figura 15 - Fachada da torre residencial .....	38
Figura 16 - Cobertura torre residencial.....	39
Figura 17 – Divisão de tipologias por unidades .....	44
Figura 18 – Divisão de tipologias por pavimento.....	45
Figura 19 - Propriedades térmicas da cobertura e paredes .....	49
Figura 20 - Cores e absorções das cores da torre comercial.....	50
Figura 21 - Classificação da envoltória através do Webprescritivo .....	52
Figura 22 - Detalhe da telha sanduiche .....	62

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Ponderação da absorvência das paredes.....	50
Tabela 2 – Variáveis, valores e unidades para a envoltória da edificação.....	51
Tabela 3 - Classificação da envoltória através da planilha própria .....	52
Tabela 4 - Avaliação da envoltória da tipologia 1 de cobertura da torre residencial.....	54
Tabela 5 - Avaliação da envoltória da Tipologia 1 Tipo .....	55
Tabela 6 - Pré-requisitos dos ambientes Tipologia 1.....	56
Tabela 7 - Avaliação dos pré-requisitos da UH para a Tipologia 1 de cobertura.....	57
Tabela 8 - Resumo do equivalente numérico da envoltória das tipologias .....	58
Tabela 9 - Bonificação por porosidade das tipologias de cobertura.....	59
Tabela 10 - Bonificação por porosidade das tipologias tipo.....	60
Tabela 11 - equivalentes numéricos obtidos.....	61
Tabela 12 - Mudança na transmitância de cobertura .....	63
Tabela 13 - Mudança na cor da cobertura .....	64
Tabela 14 - Limites máximos de densidade de potência instalada para atendimento do nível A de classificação.....	65
Tabela 15 - Equivalentes numéricos após pintura da cobertura da Torre Residencial .....	66
Tabela 16 - Resultados após o atendimento do requisito de absorvência, Iluminação Natural, Percentual de melhoria e Percentual de melhoria acumulado .....	67
Tabela 17 - Classificação final da edificação otimizada .....	71
Tabela 18 – Composição de estrutura de madeira para telha de fibrocimento .....	72
Tabela 19 - Composição para a colocação da telha de fibrocimento.....	72
Tabela 20 - Valor da estrutura atual da cobertura da torre comercial.....	73
Tabela 21 - Valor da atual das telhas de fibrocimento da torre comercial .....	73
Tabela 22 - Preço do metro cúbico de EPS .....	74
Tabela 23 - Preço do EPS para a cobertura comercial.....	74
Tabela 24 – Composição utilizada para pintura da cobertura.....	74
Tabela 25 - Valor total da pintura cobertura da torre comercial.....	75
Tabela 26 - Valor da estrutura atual da cobertura da torre residencial .....	76
Tabela 27 - Valor da atual das telhas de fibrocimento da torre residencial.....	76
Tabela 28 - Preço do EPS para a cobertura residencial .....	77
Tabela 29 - Valor total da pintura cobertura da torre residencial .....	77
Tabela 30 - Orçamentos das esquadrias de venezianas horizontais.....	78
Tabela 31 - Preço dos equipamentos de aquecimento de água.....	79
Tabela 32 - Custo total dos equipamentos de aquecimento de água .....	79
Tabela 33 - Valores das válvulas de acionamento duplo.....	80
Tabela 34 - Valores dos redutores de pressão nos chuveiros .....	80
Tabela 35 - Valores dos arejadores de torneiras para lavatórios e pias .....	81
Tabela 36 - Resumo dos valores das intervenções .....	81
Tabela 37 - Correção de valores do CUB e custo total das torres comercial e residencial total e por unidade .....	82
Tabela 38 – Percentual do custo das intervenções, valor total por unidade e custo das unidades com as modificações.....	82

## Lista de Equações

Equação 1 - Cálculo da capacidade do aquecedor de passagem.....	69
Equação 2 - Bonificação de uso racional de água .....	70

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo o Balanço Energético Nacional (2015), as edificações são responsáveis por 42,5% do consumo energético no Brasil, sendo 21,2% referente às edificações residenciais, 14,5% referente às comerciais e 6,8% referente às edificações públicas. Com isso, surge a necessidade de diminuição do consumo de energia, através da adoção de medidas de conservação de energia no setor da construção civil.

Diversos países no mundo já têm adotado normas e certificações energéticas com o objetivo de reduzir o custo de operação, estimular o uso de soluções sustentáveis e melhorar o desempenho termo energético dos edifícios

No Brasil, o Programa Brasileiro de Etiquetagem vem sendo implantado desde 2001, a partir da lei nº10.295 (BRASIL, 2001a), que abrange equipamentos consumidores de energia e estabelece níveis de eficiência a serem atendidos.

Para as edificações, o país possui um regulamento específico para edificações residenciais (RTQ-R) e outro para comerciais (RTQ-C). Estes avaliam a edificação através de cinco níveis de classificação, que variam de A, para mais eficientes até E para menos eficientes.

No entanto, apesar dos regulamentos já estarem em vigor desde 2009, até o momento não são muitos os edifícios etiquetados. As edificações comerciais contam com 85 etiquetas entre projeto e edificação construída, enquanto as edificações residenciais, possuem apenas 15 edifícios etiquetados. No entanto, as avaliações começaram a ganhar mais força após a promulgação da Instrução Normativa nº2 de junho de 2014, em que, de maneira compulsória, faz com que edifícios públicos federais novos – ou que passem por *refit* – sejam avaliados e etiquetados com nível A de classificação. (MMA, 2014)

Com relação ao mercado da construção civil, um estudo realizado pela CBIC (2014), aponta que 91% da população brasileira aprova a utilização de equipamentos e soluções consideradas eficientes em imóveis. Além disso, até 61,4% da população além de aprovar, está disposta a pagar mais por imóveis que possuam soluções mais eficientes, como as certificações energéticas. Dos itens apontados pela pesquisa é possível citar itens como racionalização de energia e água, conforto térmico, ventilação natural, telhados com geração de energia, entre outros. A pesquisa também

revelou que mais de 15% da população pagaria 10% a mais no valor do imóvel, caso esse promovesse inovações e melhorias relativas ao desempenho energético.

Dessa forma, nota-se, ainda que de forma lenta, o conhecimento e compreensão importantes das inovações tecnológicas e da perspectiva do consumidor. Essa visão é relacionada principalmente a itens que envolvam economia conforto e valor ambiental.

### **1.1 Objetivo do trabalho**

O objetivo desse trabalho é a avaliação do nível de eficiência energética de uma edificação já existente e quantificação do custo de implantação das soluções propostas a fim de melhorar a classificação de eficiência energética de um edifício para nível “A”.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Verificar o custo diferencial em relação às soluções já existentes
- Determinar o valor do investimento em relação ao valor global de construção do edifício.
- Quantificar o impacto das soluções de melhoria propostas na classificação do edifício.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Desenvolvimento Sustentável**

O conceito de desenvolvimento sustentável, principalmente em edificações é muito abrangente e complexo, pois fundamentalmente engloba três principais pilares: o social, o econômico e o ambiental, que são independentes entre si. Segundo GHISI PEREIRA (2010), para um empreendimento ser considerado sustentável, ele deve ser socialmente justo, economicamente viável e ecologicamente correto.

A questão da sustentabilidade social, se baseia na melhoria da qualidade de vida da população, de modo a diminuir as desigualdades sociais, ampliar os direitos e garantir acesso aos serviços básicos que possibilitam acesso pleno e de todos à cidadania. Para isso, deve-se ter ciência de que benefícios como saúde e conforto dos usuários devem ser assegurados, quando se fala em empreendimentos sustentáveis.

Com relação ao âmbito econômico, Durlo *et al.* (2015) cita a sustentabilidade econômica como a capacidade de produção, distribuição e utilização equitativa das riquezas produzidas pelo homem. Para isso, deve-se prezar por um sistema de acesso aos recursos financeiros disponíveis, reduzindo-se tanto os custos de construção quanto operação do edifício.

Por fim, no eixo ambiental, defende-se que a sustentabilidade é a capacidade do ambiente em manter as condições de vida, levando em consideração a sua habitabilidade, beleza e função de fornecedor de energia renovável. É importante frisar que isso só ocorre se houver uso racional dos recursos naturais disponíveis.

Segundo o Conselho Internacional da Construção (2015), a indústria da construção é o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais. Além disso, consome altas taxas de matéria prima e gera grandes volumes de resíduos de diversas espécies. (BENTO; ROSSIGNOLO, 2013).

### **2.2 Contexto histórico**

A seguir, será abordado um histórico que segue uma ordem cronológica tratando do desenvolvimento sustentável até os dias de hoje.

### 2.2.1 Contexto histórico Mundial

Apesar de ser um assunto relativamente novo, a primeira vez que a preocupação com o desenvolvimento sustentável veio à tona foi ainda nos anos 60, com o lançamento do livro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) de Rachel Carson que mostrou ao mundo que o ambiente não possui uma capacidade infinita de absorver poluentes (IISD, 1997)

Apesar disso, apenas uma década depois, em 1972, na Suíça, que pela primeira vez o assunto se tornou tema de discussão em conferências mundiais. A ocasião foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, a chamada Conferência de Estocolmo. O encontro, organizado pela ONU, foi pioneiro em reunir chefes de estado e demonstrar preocupação sobre as questões ambientais globais que se tornou referência na tentativa de melhorar as relações do homem com o meio ambiente. Além disso, permitiu elevar o patamar de discussão dos temas ambientais a um nível antes reservado a temas com longa tradição diplomática. (LAGO, 2006)

Anos mais tarde, no final dos anos 80, o Relatório Brundtland, documento intitulado por *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum) é conhecido por expor ao mundo a definição formal de desenvolvimento sustentável. Segundo o relatório, essa definição é dada pela “*capacidade de interação do ser humano com o meio ambiente sem comprometer os recursos naturais das futuras gerações.*” (ONU, 1987). Ou seja, devemos evoluir as políticas, aprofundar os conhecimentos, e assim, desenvolver a sociedade de modo que não seja afetada a harmonia do ecossistema do planeta.

A partir do que fora produzido em Estocolmo e pelo Relatório Brundtland, já no início dos anos 90, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em junho no Rio de Janeiro, a ECO-92. Reuniu 172 delegações de países, sendo 108 chefes de estado com o objetivo de “*elaborar estratégias e medidas para parar e reverter os efeitos da degradação ambiental para a promoção do desenvolvimento sustentável adequado em todos os países.*” (LAGO, 2006)

Um dos principais resultados dessa conferencia é a Agenda 21, que se trata de um documento de 40 capítulos, assinado por 179 países a fim de promover um novo padrão de desenvolvimento mundial, o desenvolvimento sustentável. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2004), pode ser definida por:



Um instrumento de planejamento para o desenvolvimento sustentável, que compatibiliza a conservação ambiental, a justiça social e o crescimento econômico, ou seja, um instrumento para a construção de sociedades sustentáveis, que concilia métodos de proteção ambiental, igualdade social e eficiência econômica.

Um dos planos de ação da Agenda 21 é o Habitat II, assinado em Istambul em 1996. Esse documento trata-se de um programa de ação que estimula os governos a planejar e executar programas destinados a mudar as concepções tradicionais de desenvolvimento econômico e de proteção do meio ambiente. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), o plano possui medidas de redução de impactos através de alterações na maneira de como os edifícios são construídos.

Devemos ressaltar o papel fundamental da construção civil na realização dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável. Uma das definições da Agenda 21 é a Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento como *"um processo global que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído."* Ou seja, deve existir conciliação no equilíbrio entre o meio ambiente e o desenvolvimento do parque edificado mundial. (MMA, 2016)

Já em 2002, ocorreu a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio+10. Esse foi mais um grande fórum de discussão das Nações Unidas, dessa vez realizado em Johannesburg, na África do Sul. O evento contou com massiva participação de personalidades mundiais como chefes de estado, pesquisadores, diplomatas, organizações não governamentais e cidadãos comuns. Na ocasião, o foco foi o diálogo a respeito das soluções propostas sobre a agenda 21.

É importante salientar que na ocasião, o Brasil acabara de passar por um período turbulento na questão energética, conhecido como apagão, onde foi implementada a lei de eficiência energética no Brasil (BRASIL, 2001).

Já na década atual, grandes conferencias mundiais foram realizadas no planeta. Em 2012, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20, realizada novamente no Rio de Janeiro. Seu principal objetivo foi a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável, avaliando tanto os progressos quanto lacunas na implementação das decisões adotadas pelas cúpulas anteriores sobre o assunto. (BRASIL, 2012)

Finalmente, em 2015, ocorreu a Cúpula de Paris, que como resultado final, aprovou um documento assinado por todos os países presentes no encontro, que possui o objetivo de impedir que o aumento de temperatura média do planeta, ocasionado pelas mudanças climáticas, até o fim do século, não extrapole 2°C, em relação aos níveis pré-industriais. Busca também criar um sistema de financiamento de 100 bilhões de dólares anuais para ajudar os países com menos recursos a se adaptarem aos efeitos das mudanças climáticas. É importante frisar que, após décadas de emissões de gases de efeito estufa, já não é possível conter o aquecimento do planeta, mas apenas amenizá-lo.

### **2.2.2 Contexto histórico brasileiro**

Principalmente a partir do começo da década passada, é que o Brasil começou a se preocupar com a conservação de energia. Em 2001, o país passou por uma forte crise energética, na qual milhares de pessoas sofreram com interrupções no abastecimento de energia elétrica em suas residências. Tal evento que ficou popularmente conhecido como “apagão”. Somente a partir desse fato é que medidas no sentido de eficiência energética foram tomadas. (BRANDELISE et al, 2014).

Na ocasião, foi implantada uma forte campanha de racionamento de energia, que tinha como principal objetivo conscientizar a população a diminuir o uso de energia elétrica em suas residências.

A crise ocorreu por diversos fatores que são tanto de origens naturais, como falta de chuvas, quanto devido a fatores humanos, como a quase total dependência de apenas uma forma de geração de energia no Brasil, a energia hidroelétrica.

Além disso, fatores políticos e econômicos também contribuíram para a crise instaurada no país, como a falta de planejamento no setor energético e o pouco investimento na distribuição de energia.

Com a elaboração e promulgação da Lei Nº 10.295 pelo Ministério de Minas e Energia, foram estabelecidos mecanismos e medidas que implicassem em edificações energeticamente mais eficientes. (BRASIL, 2001).

Através dessa lei, foram estabelecidos níveis mínimos de eficiência energética a serem atendidos por máquinas e aparelhos consumidores de energia do país

(HADDAD, 2005). Tal fato provocou a obrigatoriedade do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) em diversos produtos do país.

Segundo o INMETRO, o programa *“Fornece informações sobre a eficiência energética, e outros critérios dos produtos que podem influenciar a escolha dos consumidores”*. O principal objetivo é informar de forma clara e intuitiva as especificações técnicas de consumo energético dos produtos adquiridos pelos consumidores, que podem facilmente identificar quais os produtos mais eficientes. (INMETRO, 2013)

A forma de classificação dos equipamentos é através de uma escala dividida em cinco níveis de energia que vão da letra A, que indica maior eficiência no produto até a letra E, que indica menor eficiência. A indicação em eletrodomésticos ocorre através de etiquetas coladas nos aparelhos.

Atualmente, o programa é composto por 38 programas de avaliação da Conformidade, que contemplam desde a etiquetagem de produtos da linha branca, até veículos e edificações. (INMETRO, 2013)

Mesmo com tais políticas de conservação de energia, em 2014, o país atravessou uma das maiores crises hídricas da história, que afetou o país todo, mas principalmente a região sudeste. Segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEM, 2015) em um ano houve uma redução de 5,6% na oferta de energia das usinas hidrelétricas que, por consequência, implicou no aumento da demanda de produção de outras energias, as de fontes não-renováveis, principalmente energia térmica, obtida da queima de combustíveis fósseis.

Em termos absolutos, houve uma redução de geração de energia hídrica de pouco mais de 24 TWh em um ano – de 431,3 TWh em 2013 para 407,2 TWh em 2014,

Com isso e considerando que as edificações são responsáveis por 42,5% do consumo energético no Brasil, sendo 21,2% referente às edificações residenciais, 14,5% das comerciais e 6,8% referente às edificações públicas e com todos os reajustes tarifários que vêm impactando em aumentos nas contas de energia da população, é de extrema importância que sejam adotadas medidas para a redução do consumo de energia em todas as esferas nacionais, inclusive em edificações já existentes, através da modernização do parque nacional construído.

No Brasil, inicialmente foram desenvolvidas normas regulamentadas através da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que através da ABNT NBR

15.220/2005, apresenta métodos de cálculo referentes ao desempenho e medição das propriedades térmicas de componentes.

Já em 2010, entrou em vigor a ABNT NBR 15.575, que estabelece requisitos e critérios de atendimento do desempenho de vários sistemas da construção de edifícios habitacionais, incluindo o desempenho térmico e classificando-os em três níveis, o mínimo, o intermediário e o superior.

Tais normas são de importância para a melhoria no parque nacional edificado, pois restringem critérios mínimos a serem atendidos nas construções, evitando assim, que edifícios sejam construídos de “qualquer forma” e ocorram defeitos nas edificações.

### **2.3 Etiquetagem em edificações**

Visando a melhoria da eficiência energética em edificações, e a popularização de soluções sustentáveis, há anos o desenvolvimento de normas e certificações vem sendo praticado em diversos locais do mundo. Nesse sentido, as certificações energéticas são uma forma de classificação de projetos e empreendimentos na tentativa de reconhecer e beneficiar de alguma forma edificações que possuem estratégias de sustentabilidade em suas dependências.

Atualmente, diversos países do mundo já possuem certificações energéticas para suas edificações. É o exemplo da Austrália, Estados Unidos, Canadá, México e da União Europeia.

Carlo (2008) em seu trabalho cita vários países que já possuem certificações energéticas nas edificações.

A Austrália, ainda que de forma voluntária, diferencia a regulamentação de classificação de seus edifícios por região ou cidade, mas sofrem pouca variação de um para o outro. Seus esforços são no sentido de diminuição da emissão de gás carbônico na atmosfera.

Nos Estados Unidos, o programa de normatização energética possui mais de 30 anos, atende as normas da ASHRAE Standard 90.1 e já atinge 43 estados americanos, enquanto os outros 7 possuem suas próprias normatizações que se também se baseiam na 90.1.

Ainda na América do Norte, tanto o Canadá quanto o México possuem seus códigos nacionais de energia. O Canadá, avalia todas as edificações não-comerciais

e/ou residenciais acima de 3 pavimentos por métodos prescritivos ou simulados em computador, enquanto o México avalia apenas por simulação.

Já na Europa, em Portugal, foram instituídos dois programas de normatização para edificações, o RCCTE que analisa as características de comportamento térmico dos edifícios pequenos e sem sistemas de climatização e o RSECE, para os sistemas energéticos de climatização dos edifícios. Esses programas de certificação são obrigatórios para venda ou aluguel de todas as edificações não-comerciais.

### **2.3.1 Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações**

Para o parque edificado nacional, ficou determinado em 2001 que deveriam ser desenvolvidos mecanismos que promovessem a eficiência energética nas edificações construídas no Brasil, pelo uso de equipamentos e sistemas mais eficientes e por meio de projetos arquitetônicos adaptados ao clima da região. (BOTTAMEDI, 2011).

Além dos aspectos citados pela lei, alguns outros parâmetros de eficiência energética devem ser levados em consideração na concepção dos edifícios, como iluminação natural integrada à artificial, o uso de ventilação natural com orientação e forma planejadas, proteções solares corretas e especificação criteriosa de materiais de acabamento (especialmente na envoltória da edificação). (MME, 2009).

Segundo Haddad (2005), nas últimas décadas obtiveram-se significativos avanços em relação à eficiência energética no setor, com edificações que trabalham com iluminação e ventilação natural, lâmpadas e equipamentos eficientes. Além disso, existem alguns sistemas construtivos que tornam a edificação mais adequada à região e clima em que se encontra.

No Brasil, a etiquetagem em edificações faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem e foi desenvolvido através de uma parceria entre o INMETRO e a Eletrobrás. Através desse programa, é possível qualificar edificações através da mesma classificação obtida em outros produtos, (BRASIL, 2016)

Pelo programa, é possível avaliar tanto edificações comerciais, quanto edificações residenciais. No entanto, as metodologias variam conforme esses usos. Para edificações comerciais, deve-se avaliar segundo o escopo dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais,

de Serviços e Públicos, o RTQ-C, enquanto as edificações residenciais são avaliadas pelo Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais, o RTQ-R.

Segundo o site do PBE Edifica, o RTQ-C foi lançado em 17 de setembro de 2009 pela Portaria INMETRO nº 372 e sofreu pequenas alterações pelas Portaria Inmetro nº 17, de 16 de janeiro de 2012 e Portaria Inmetro nº 299 de 19 de junho de 2013. Já o RTQ-R, foi lançado em 16 de janeiro de 2012, através da Portaria Inmetro nº 18.

O RTQ-C se aplica a edifícios comerciais, de serviço e públicos que sejam condicionados parcialmente, por completo ou a edifícios não condicionados. O regulamento avalia três sistemas da edificação, a envoltória, a iluminação e o condicionamento de ar, atribuindo pesos de 30%, 30% e 40%, respectivamente para esses sistemas. É importante frisar que a envoltória deve ser avaliada integralmente, enquanto os sistemas de iluminação e condicionamento de ar podem ser avaliados parcialmente.

Além disso, o regulamento prevê bonificações, que podem acrescentar até um ponto a mais na classificação final da edificação. Para isso, é necessário que sejam implementadas soluções, sistemas ou equipamentos que comprovadamente proporcionem um aumento na eficiência ou uma redução no consumo energético da edificação. Esses sistemas, podem ser de racionamento do uso de água, sistemas de fontes renováveis de energia, cogeração de energia, entre outros, desde que devidamente comprovados mediante simulação.

Já o RTQ-R fornece a classificação da eficiência energética de edificações residenciais, seja uni ou multifamiliar. O regulamento avalia dois sistemas: a envoltória e o sistema de aquecimento de água. Para a envoltória, o sistema é avaliado conforme seu desempenho para o verão e para o inverno e ponderados conforme a zona bioclimática. Os valores combinados resultam no equivalente numérico da envoltória, que deve ser ponderado também conforme a região geográfica em que se encontra.

O aquecimento de água é outro sistema avaliado no RTQ-R. O peso final desse sistema também depende da região geográfica em que esse se encontra, podendo variar entre 35% para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, 10% para a região Nordeste e 5% para região Norte, onde por muitas vezes o sistema sequer é utilizado.

Além disso, esse método também prevê uma melhoria de até um ponto na classificação final, decorrente da implementação de melhorias para a edificação, as bonificações, que também são estratégias que aumentam a eficiência das unidades habitacionais.

A grande diferença entre os dois métodos é a forma de avaliação. Enquanto o RTQ-C avalia a edificação como um todo, o RTQ-R avalia individualmente cada uma das unidades habitacionais.

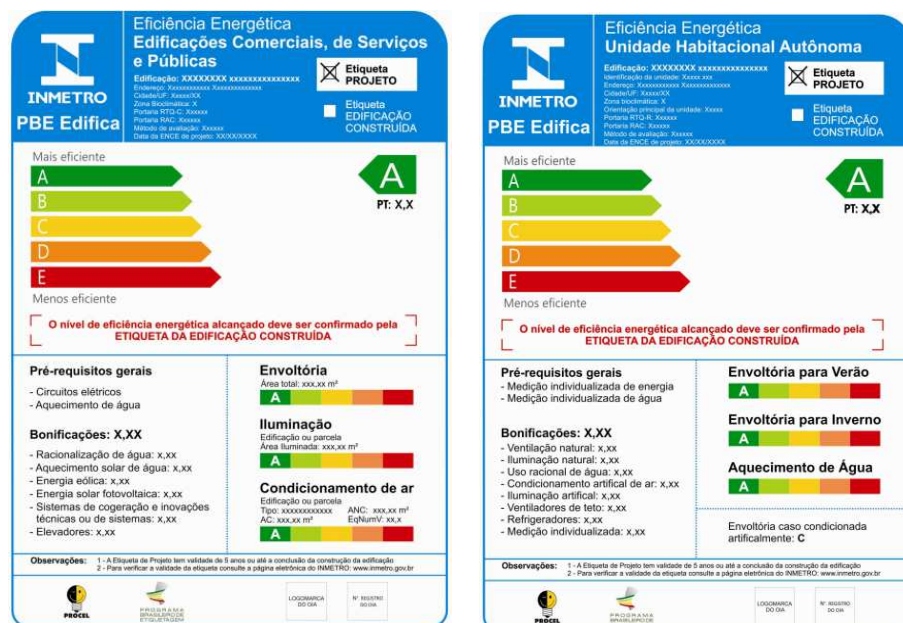
Segundo CRUZ *et al.* (2014), o RTQ-R permite ainda avaliação das áreas de uso comum de edificações residenciais. Essas são determinadas conforme seu uso, que pode ser frequente ou eventual. São consideradas como áreas de uso frequente: antecâmaras, elevadores, corredores, estacionamento, circulações, halls, garagens, escadas. Já as áreas de uso eventual contemplam salões de festa, piscina, brinquedoteca, banheiros coletivos entre outros espaços coletivos destinados ao lazer dos moradores.

Como resultado da avaliação, obtém-se a Etiqueta Nacional de conservação de energia, ENCE, que evidencia o atendimento a requisitos de desempenho e, eventualmente, de segurança, estabelecidos em normas e regulamentos técnicos.

A Etiqueta é uma forma de conformidade e apresenta ao consumidor informações técnicas do objeto evidenciando o atendimento à requisitos de desempenho estabelecidos em normas e regulamentos técnicos. (INMETRO, 2013)

A seguir, na Figura 1, é mostrado um exemplo hipotético de Etiqueta de Projeto de uma edificação comercial.

**Figura 1 - Etiqueta de projeto de uma edificação comercial e de uma edificação residencial**



Fonte: RAC (2013)

Segundo Brandalise *et al.* (2014) o método prescritivo foi desenvolvido através da utilização do método estatístico de regressão linear múltipla, baseando-se em resultados de consumo final de diferentes edificações comerciais, gerados através do uso da simulação computacional. As regressões geraram diferentes equações para cada uma das oito zonas bioclimáticas<sup>1</sup> brasileiras, que estão dispostas no escopo do documento. Cabe ressaltar que a metodologia base utilizada para o desenvolvimento das equações estão descritos no trabalho de CARLO (2008).

MELO (2012) relata que os métodos simplificados são uma ferramenta rápida para a avaliação do desempenho da edificação, e podem envolver incertezas consideráveis em seus resultados. Em contrapartida, Amorim *et al.* (2012) dizem que apesar das limitações que possui em relação a alguns elementos específicos, como proteções solares complexas, o método prescritivo do RTQ-R tem se mostrado uma ferramenta eficaz para o estudo de propostas e análise de projeto em termos de desempenho energético. Tal método é uma ferramenta eficaz no que se refere à elaboração de diretrizes de projeto para novos edifícios e reabilitação de edifícios existentes.

<sup>1</sup> Segundo a NBR15220/2004, Zona Bioclimática consiste em uma região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano



Através de simulações energéticas, Scalco *et al.* (2014) investigaram o potencial de economia de energia de uma edificação para diferentes níveis de classificação energética, ou seja, o quanto uma edificação nível A economiza de energia em relação a ela mesma, caso fosse classificada como nível B, C e D. Para tal, foram comparados os valores de consumo de energia (em kWh) de 35 edificações que possuíam diferentes usos, como escritórios, bancos, hotéis, comércio e escolas. Os resultados mostraram que havia uma economia de até 31,6% de energia da classificação nível A em relação ao nível D. Estudos como esse mostram que as avaliações de desempenho energético para o setor da construção civil têm um papel fundamental na redução do consumo de energia e que, além da economia proporcionada para os usuários, diminuem a demanda de geração de energia e ainda classificam edifícios, seus sistemas e equipamentos através de níveis de classificação energética.

Tais fatos são de fundamental importância para o setor, pois auxiliam e conscientizam o mercado da construção de modo que tanto usuários como investidores busquem e priorizem unidades com melhores níveis de classificação.

Segundo CARVALHO *et al.* (2010) profissionais inseridos no contexto de sustentabilidade e eficiência energética em edificações, tentam a utilizar sistemas construtivos eficientes, com materiais, tecnologias e soluções de projeto que relacionam a edificação com o meio em que está inserida, ou seja, o uso de estratégias bioclimáticas na concepção dos projetos está relacionada diretamente com o conforto do usuário. Conforto esse, que, segundo a ASHRAE (2005) reflete diretamente na satisfação do usuário da edificação.

Segundo Oliveira e Gutierrez (2012), a melhoria da classificação de edificações é viável através de alterações dos materiais, respeitando a concepção arquitetônica do edifício. É importante salientar que quanto mais cedo tomadas as decisões relativas a esse tipo de alteração, principalmente na fase de projeto, menor é o impacto no custo final da obra.

No entanto, um grande problema na utilização dessas soluções é a adequação do mercado à técnica de construção utilizada, que muitas vezes não são aderidas por profissionais, que muitas vezes há anos repetem o mesmo processo com os mesmos materiais e dessa forma inibem melhorias em suas construções.

Sendo assim, com o programa de etiquetagem, há cada vez mais um mercado exigente e que trata a eficiência energética como uma solução para a melhoria do

ambiente construído nacional. É uma exigência de mercado que coloca novos parâmetros a serem avaliados nos edifícios e, conseqüentemente, implica em valorização dos imóveis.

Dessa forma, em 04 junho de 2014, o Diário Oficial publicou a instrução normativa nº 2 que torna obrigatório o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos de edificações públicas federais novas ou que recebam *retrofit* (BRASIL, 2014). Esse ato, além de implicar na redução do consumo de energia e gastos públicos, demonstra uma maior preocupação das políticas nacionais no que se referem a qualidade da indústria da construção civil.

Segundo o CBCS (2014) o acesso às informações sobre o desempenho energético dos edifícios facilita o gerenciamento do consumo de energia e amplifica o envolvimento dos profissionais da construção em prol da sustentabilidade. É por isso que a etiquetagem é considerada uma ferramenta essencial para a eficiência energética do país.

O regulamento considera a avaliação ponderada de três sistemas diferentes a envoltória, que segundo o RTQ-C é definido pelo “*Plano que separa o ambiente externo do ambiente interno*” e representa uma parcela de 30% do valor da final da classificação. Já os outros 70% são divididos em 30% para o sistema de iluminação, e por último, o sistema de condicionamento de ar, que configura os outros 40% restantes da classificação.

Já o RTQ-R, lançado um ano após, considera em seus cálculos a envoltória e o aquecimento de água, que são ponderados conforme a região geográfica em que se encontra o edifício.

Para ambos os métodos, existe a possibilidade de aumento de até um nível na classificação geral, utilizando bonificações, que são iniciativas que aumentam a eficiência geral da edificação.

### **3. EDIFICAÇÃO OBJETO DE ESTUDO**

Este capítulo aborda a edificação que será o objeto desse estudo. Para tal, é necessário primeiramente descrever suas características. Serão abordadas informações gerais e informações técnicas, como dados geográficos, orientação, zona bioclimática, dados de utilização e caracterização dos materiais construtivos empregados na edificação.

A edificação foi disponibilizada através de projetos cedidos pela empresa responsável pela execução da obra. A construtora está há mais de 30 anos no mercado e concentra suas atuações principalmente nas cidades Florianópolis e São José.

O empreendimento se trata de um edifício que começou a ser construído em 2001 e foi finalizado em 2004, portanto, foi finalizado ainda no início do programa brasileiro de etiquetagem e antes que fosse desenvolvido o método para edificações. Dessa forma, admite-se que as preocupações e estratégias arquitetônicas a respeito de eficiência energética, conforto ambiental e sustentabilidade em edificações ainda não tinham nenhum tipo de regulamentação e não faziam parte das estratégias de construção dos imóveis.

#### **3.1 Localização da edificação**

Ela está localizada na cidade de São José, Bairro Campinas, na esquina das Ruas Victor Meirelles e Dinarte Domingos. Pela Figura 2, é possível observar a localização da edificação

#### **3.2 Caracterização da Edificação**

A edificação é composta por três blocos: a base, a torre comercial e a torre residencial, ou seja, para a mesma base, existe duas torres com diferentes tipologias de uso. Por questões arquitetônicas, a base também é dividida em duas porções para que assim, cada uma das torres possua entradas distintas. Pela figura 3 é possível ver uma foto perspectiva da edificação.

**Figura 2 - Localização da edificação**



**Fonte: Google Maps**

**Figura 3 - Perspectiva da edificação**



**Fonte: Google Earth**

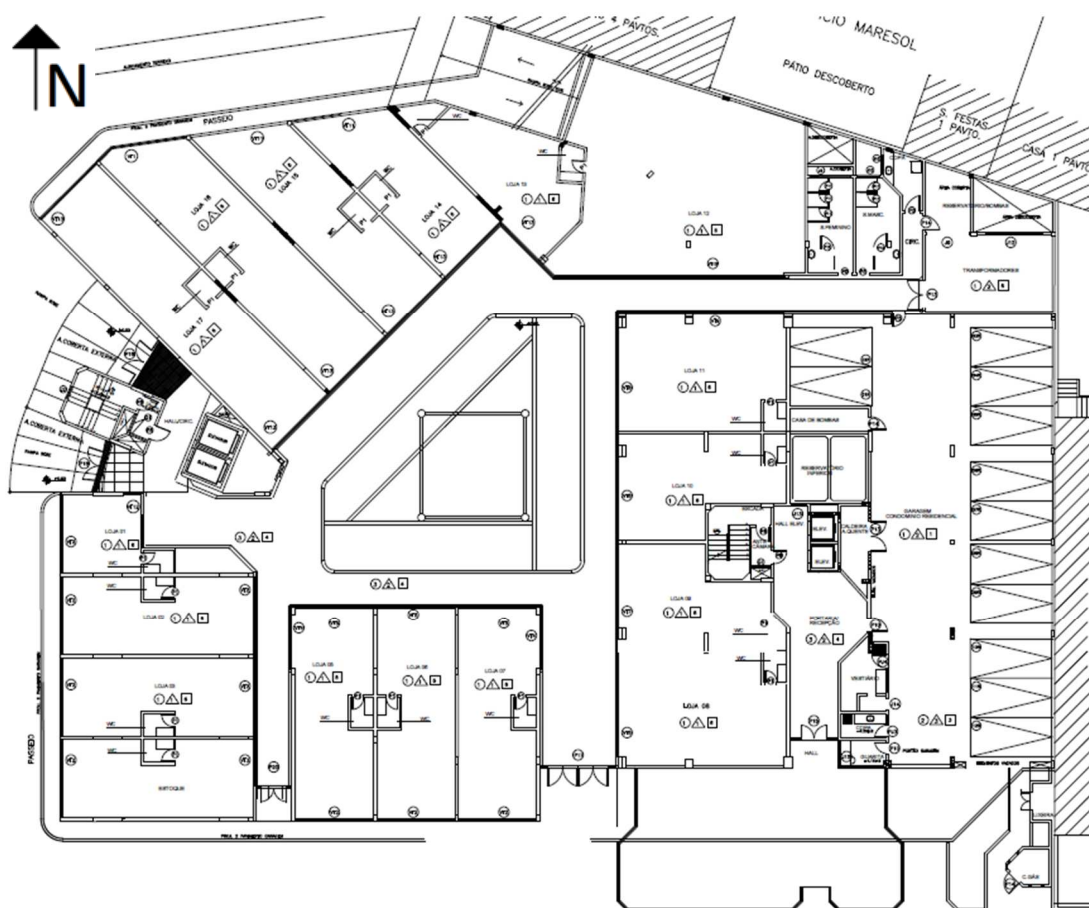
### 3.2.1 Base da Edificação

A base possui três pavimentos, o térreo, a garagem 1 e a garagem 2.

Em seu pavimento térreo, a área comercial compreende ambientes de uso público que incluem uma galeria de salas comerciais, sanitários masculino e feminino e circulação, além de espaços restritos ao público como estoque das lojas, sala de máquinas, sala de bombas, reservatórios de água. Essa área possui dois elevadores para o acesso aos andares superiores.

A área residencial possui um hall de entrada para os moradores, com portaria, guarita e recepção, copa, vestiário para os funcionários, circulação e uma garagem que possui doze vagas de estacionamento. A Figura 4 mostra a disposição do pavimento térreo.

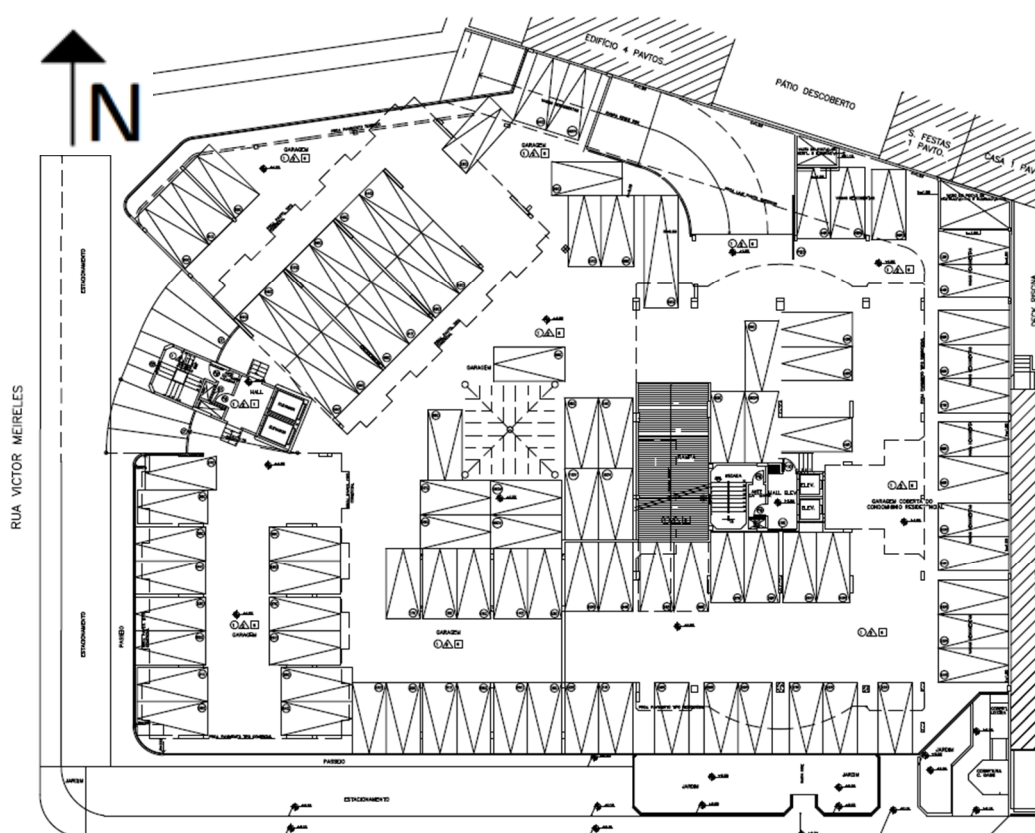
**Figura 4 - Planta do pavimento térreo da base do edifício**



Fonte: Projeto

O segundo pavimento do edifício é destinado exclusivamente a vagas de estacionamento, tanto para o condomínio comercial, quanto para o residencial. O pavimento conta com 104 vagas ao todo, sendo divididas em 60 vagas para uso comercial e 44 vagas para uso residencial. A divisão entre as áreas é realizada por um muro de alvenaria de tijolos comum. A Figura 5 demonstra a planta baixa do pavimento na qual é possível observar a disposição das vagas para as duas torres.

**Figura 5 - Planta do segundo pavimento da base do edifício**

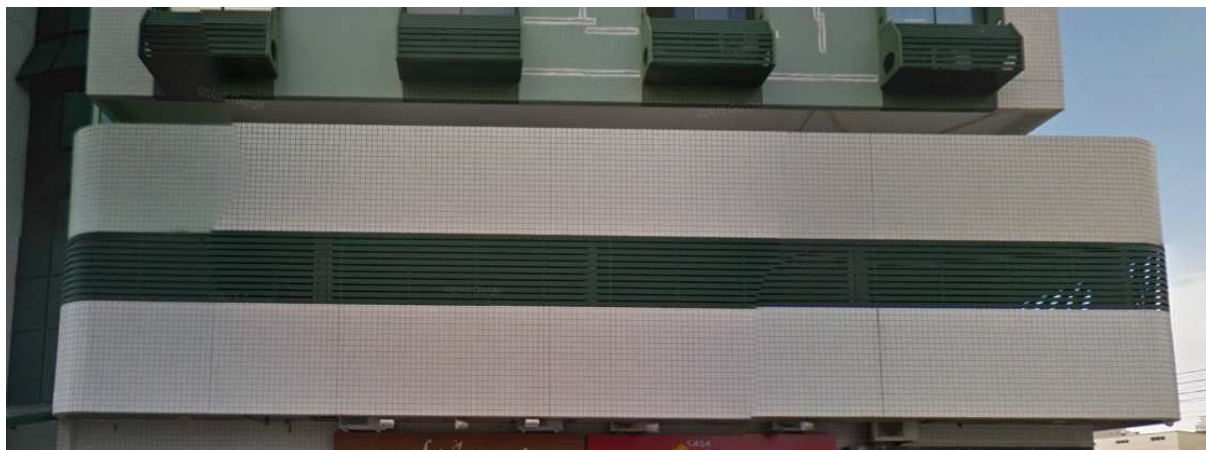


Fonte: Projetista

Nas paredes desse pavimento, há uma grande área de abertura lateral que é coberta com uma esquadria fixa de alumínio de cor verde, que permite a passagem de ventilação por ela. A abertura permite que todo o ambiente interno possua ventilação natural permanentemente. A Figura 6 mostra o detalhe da fachada da base com essa solução.



**Figura 6 - Detalhe da ventilação natural da base do edifício**



**Fonte: Google Street View**

Já o ultimo pavimento da base, o pilotis também possui grande área destinada à estacionamentos. Ao todo, são 142 vagas destinadas exclusivamente ao uso comercial. Diferentemente do anteriores, esse pavimento não possui cobertura, o que implica em servir como cobertura para o andar inferior.

Na porção do pavimento localizada abaixo da torre comercial, existe apenas um pequeno ambiente fechado, que consiste na saída dos elevadores que dão acesso às escadas e ao estacionamento do edifício. Entretanto, abaixo da projeção da planta do edifício residencial, existe uma área fechada constituída de ambientes de permanência transitória, que são áreas em que o fluxo de pessoas é temporário. Essa parcela do pavimento abrange as áreas de uso comum dessa torre, que dispõem de um hall de entrada para os elevadores, salão de festas, circulação, cozinha, depósitos, sala técnica e sanitários sociais.

Para dividir as porções relativas às áreas comerciais e residenciais, existe um muro de alvenaria comum entre a área externa do salão de festas e a área de estacionamentos.

A figura 7 mostra a planta baixa do pavimento pilotis.



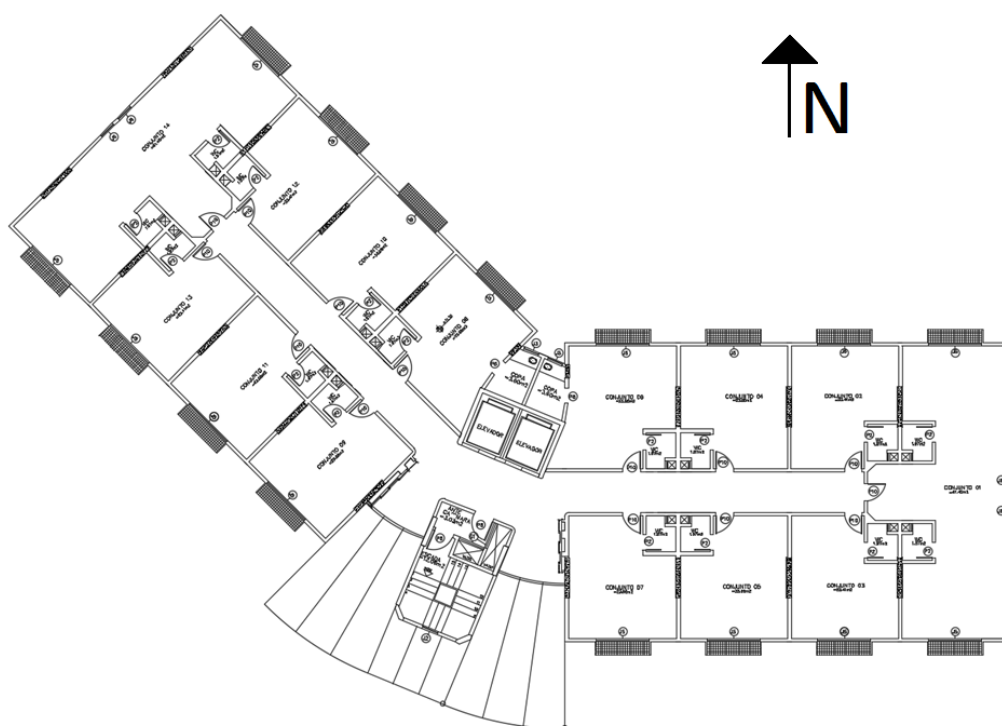


Com relação as questões de orientação da torre, no lado esquerdo do pavimento as salas intermediárias estão orientadas para nordeste, sudoeste, enquanto a sala do canto, está voltada para o noroeste. Já o lado direito do pavimento, tem suas salas intermediárias orientadas para norte e sul e a de canto para o leste.

Na porção central dos pavimentos, internamente existe a saída dos elevadores, uma área de circulação e as escadas. Existe uma das fachadas que possui uma pele de vidro que se estende por toda a altura da edificação.

É possível observar através da Figura 8, a planta baixa do pavimento tipo da torre comercial.

**Figura 8 - Planta baixa dos pavimentos tipo da torre comercial**



Fonte: Projetista

Na questão estrutural, o edifício foi executado de forma convencional, em concreto armado e lajes maciças de 10 cm de espessura. As fachadas são compostas de alvenaria de tijolos cerâmicos, com reboco dos dois lados e revestimentos externo em pastilhas cerâmicas das cores verde e branca e revestimento interno com pintura. As esquadrias de alumínio são de cor preta e os vidros são simples de 6mm. Pela Figura 9 é possível ver uma foto aérea da torre comercial.

**Figura 9 - Fachada da torre comercial**

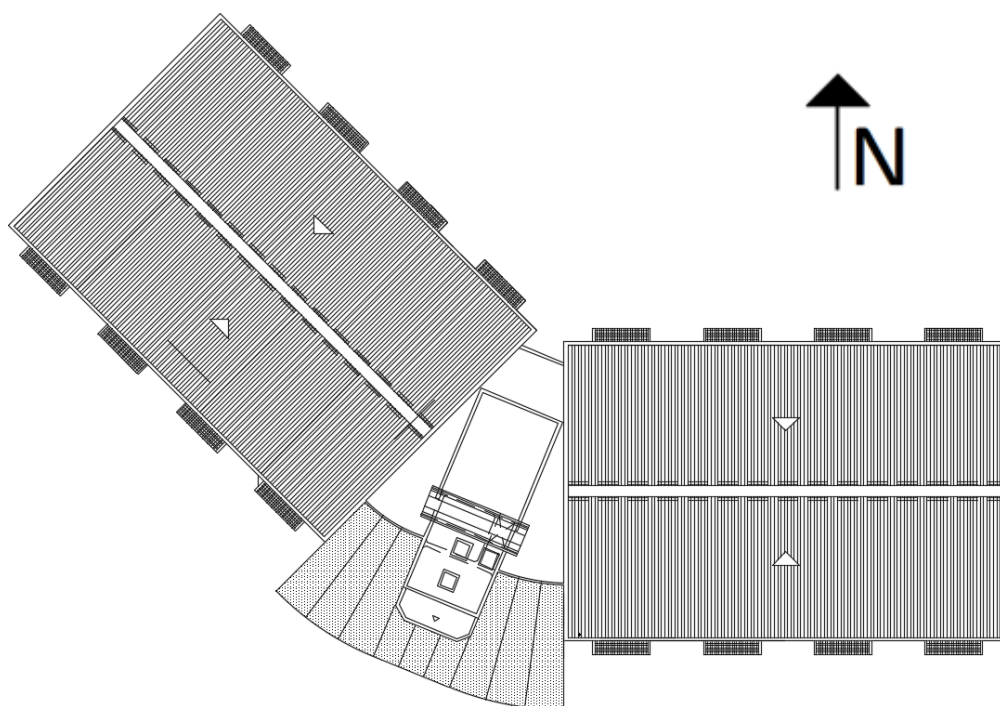


Fonte: Google Earth

A cobertura da torre é constituída por uma laje de concreto maciço de 10cm de espessura, câmara de ar e telhas de fibrocimento. Além disso, na parte central, existe uma calha impermeabilizada que possui a função de escoamento das águas pluviais. A área dessa porção da cobertura possui 527,18m<sup>2</sup>. É importante salientar que a calha foi desconsiderada nos cálculos devido a sua área representar apenas 3,9% da área total, tornando-a praticamente desprezível para efeitos térmicos. Dessa forma, foi adotado que toda a área de cobertura possui telhas de fibrocimento.

Acima da área central dos pavimentos, existem ambientes destinados as instalações hidráulicas do edifício, que são os reservatórios de água, sala de máquinas e antecâmara de acesso ao telhado. O RTQ-C não considera a avaliação desses ambientes para nenhuma das variáveis que compõem a envoltória da edificação, que são Fator de Forma, Fator Altura, Percentual de abertura da fachada, percentual de abertura zenital e nem para os pré-requisitos de transmitância e absorvância de cobertura e paredes. É possível observar detalhadamente a cobertura da torre através das Figuras 10 e 11.

**Figura 10 - Cobertura da torre comercial**



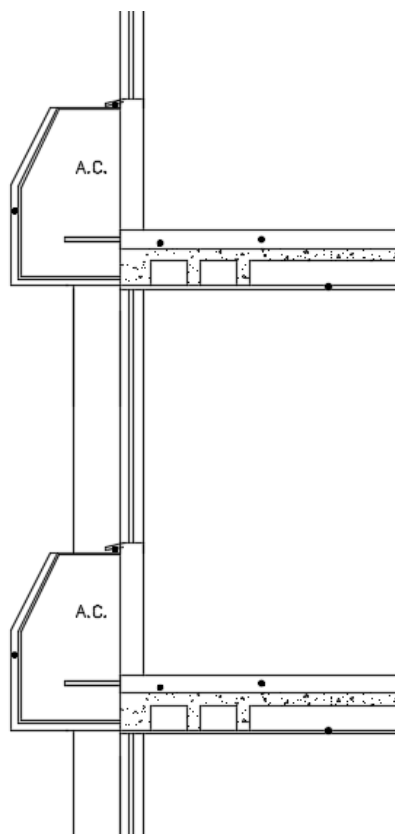
Fonte: Projeto

**Figura 11- Detalhe da cobertura da torre comercial**



Fonte: Projeto

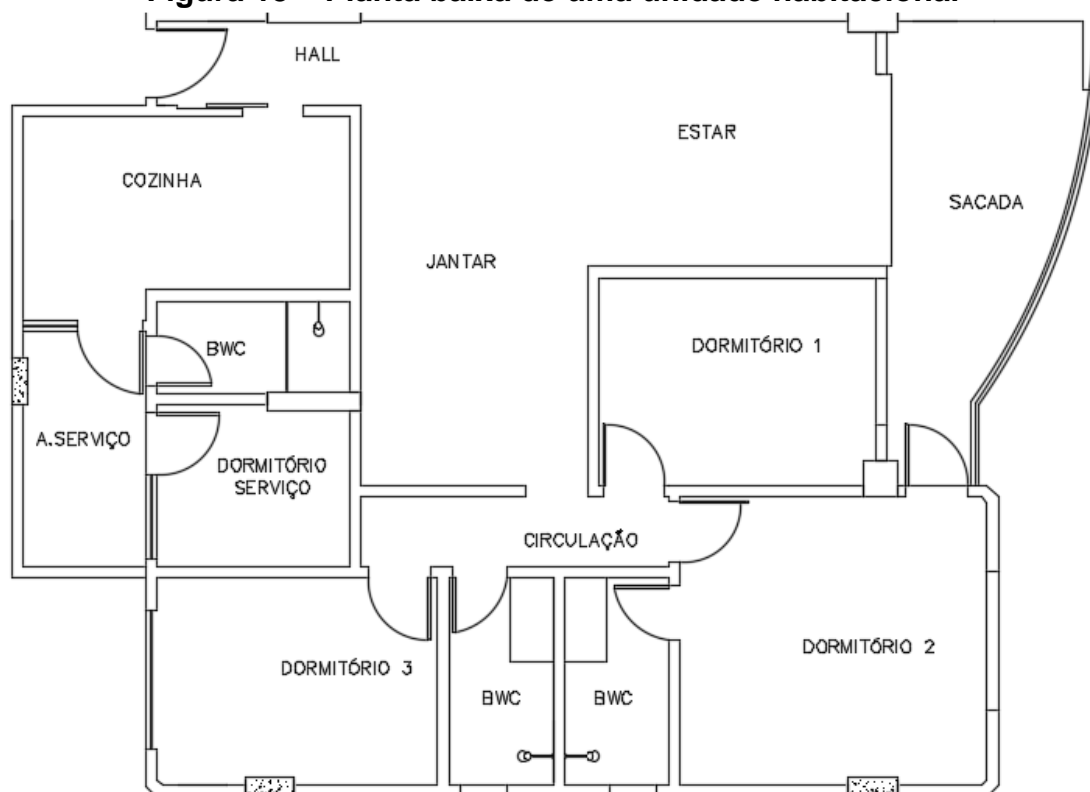
Ainda com relação a torre comercial, na fachada externa existem estruturas de proteção para os equipamentos de condicionamento de ar, que na pratica, além da proteção às maquinas, funcionam como protetores solares para as janelas abaixo, impedindo ou causando diminuição da passagem de luz para dentro do ambiente em determinados horários do dia. A Figura 12, mostra o esquema em corte e na fachada

**Figura 12 - Detalhe dos protetores dos condicionadores de ar**

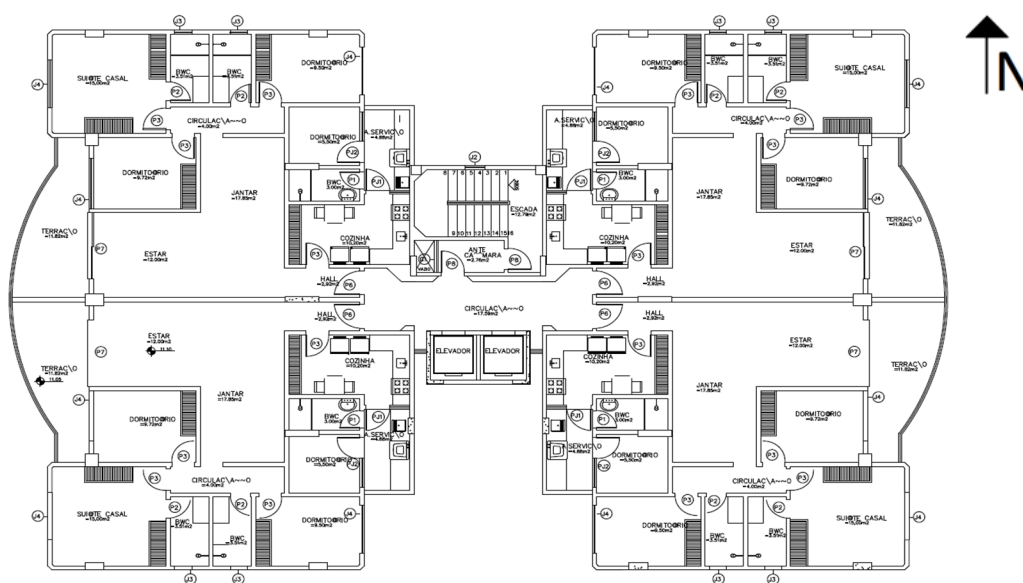
Fonte: Projeto

### 3.2.3 Torre Residencial

A torre residencial é uma edificação multifamiliar, composta, assim como a torre comercial por onze pavimentos. Cada um dos andares, possui quatro apartamentos, totalizando quarenta e quatro unidades no condomínio todo. Todas elas possuem a mesma área de 127,71 m<sup>2</sup> e contam com ambientes de sala de estar, sala de jantar, cozinha, área de serviço, uma suíte, dois dormitórios, dois banheiros sociais, dependências de empregada, hall de entrada, circulação e sacada. A Figura 13, mostra a planta baixa de uma das unidades.

**Figura 13 – Planta baixa de uma unidade habitacional**

Pela planta apresentada na Figura 14 é possível observar a disposição dos apartamentos em relação a sua orientação. Nota-se que dois dos apartamentos possuem sua fachada voltada para a orientação Leste, e outros dois, possuem orientação Oeste.

**Figura 14 - Planta baixa da torre residencial**

Fonte: Projeto

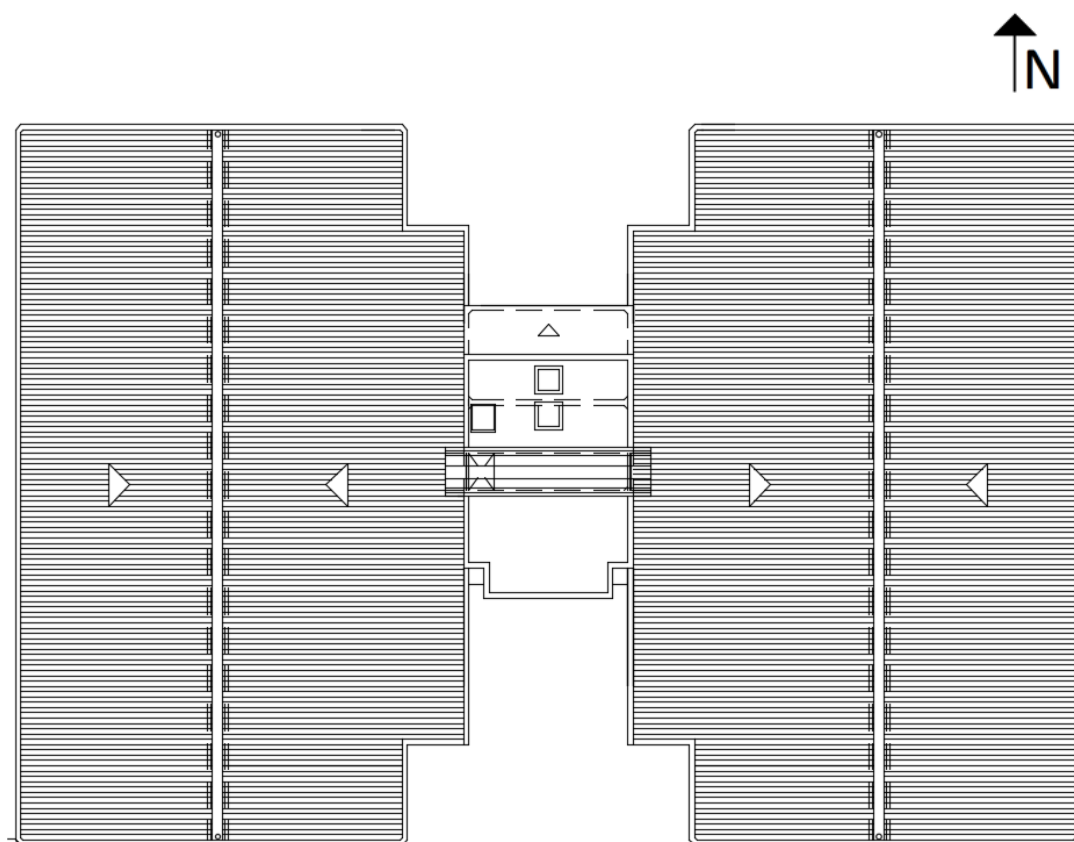
Na questão estrutural, o edifício foi executado de forma convencional, em concreto armado e lajes maciças de 10 cm de espessura. As fachadas são compostas de alvenaria de tijolos cerâmicos, com reboco em ambos os lados e o revestimento externo é feito com pastilhas cerâmicas com cores azul e branca. As esquadrias são de alumínio, pintadas na cor branca, com venezianas verticais nas janelas dos quartos e os vidros são simples de 6mm. Pela Figura 15 é possível ver uma fotografia aérea da fachada da torre.

**Figura 15 - Fachada da torre residencial**



**Fonte: Google Earth**

Com relação a cobertura, a torre possui a mesma configuração descrita para a torre residencial. Uma laje de concreto maciço de 10cm, câmara de e telhas de fibrocimento. No entanto, a área dessa cobertura possui 498.80 m<sup>2</sup> de área. Além disso, a porção central, também possui uma calha metálica para o escoamento das águas pluviais. Da mesma forma que o edifício comercial, a porção central da cobertura consiste em um pavimento técnico, com acesso ao reservatório de água e casas de máquinas. Através da Figura 16 é possível observar o detalhe da cobertura residencial. O corte da cobertura é semelhante ao apresentado na Figura 11.

**Figura 16 - Cobertura torre residencial**

Fonte: Projeto

## **4. METODOLOGIA**

Para determinar o valor de investimento necessário para as melhorias nas edificações em estudo e classifica-la em nível A segundo o PBE Edifica, foi elaborada uma metodologia que compreende as seguintes fases:

- a) Realização da avaliação do nível eficiência energética das torres comercial e residencial do edifício segundo o método prescritivo proposto pelo RTQ-C e RTQ-R;
- b) A análise e proposta de melhorias necessárias para se alcançar melhor classificação;
- c) A elaboração de um orçamento que contém o custo dos materiais e mão de obra necessários para que as intervenções sejam implementadas na edificação.

### **4.1 Avaliação energética**

A avaliação da eficiência energética da edificação ocorreu conforme recomenda o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações pelo RTQ-C baseando-se no projeto arquitetônico, estrutural, elétrico cedidos pela construtora responsável pela execução do empreendimento. Dessa forma, foi possível realizar a avaliação, dividindo a edificação em três partes e avaliando-as separadamente.

No entanto, bloco da base da edificação foi desconsiderado nos cálculos por ser constituído basicamente por garagens, possuir grandes área de permanência transitória, ventilação permanente e grandes áreas de abertura. Assim, a classificação energética ficou restrita apenas as torres comercial e residencial.

#### **4.1.1 Torre Comercial**

Para avaliação dessa torre, foi aplicado o Método prescritivo proposto pelo RTQ-C que dá a opção de avaliação individual de três sistemas, a envoltória, a iluminação e o sistema de ar condicionado. Cada um desses sistemas, após avaliados, recebe uma nota chamada de equivalente numérico que varia de 1 a 5,



sendo que quanto maior for o valor, melhor é a classificação (maior a eficiência do sistema) e quanto menor for o equivalente, pior é a classificação (menor a eficiência).

É importante salientar que a avaliação comercial permite a emissão de etiquetas parciais, ou seja, avaliação dos sistemas de forma individual.

#### **4.1.1.1 Envoltória**

Primeiramente, foi avaliada a envoltória da edificação que por definição, “*é o plano que separa o ambiente externo do ambiente interno*”, ou seja, foram avaliados os elementos que fazem parte da porção externa da edificação – fachadas e cobertura – que dependem das propriedades físicas dos materiais empregados, além dos elementos de sombreamento e as áreas de abertura, que dependem de suas dimensões. Por fim, também foram calculados os fatores de forma, altura e volumetria da edificação.

Para determinação das propriedades térmicas da cobertura, das paredes, vidros e cores utilizou-se o Anexo V do RAC, que possui composições desses elementos pré-determinadas, e informa a Transmitância e Capacidade Térmica dos elementos, fator solar dos vidros e a absorvância das cores segundo o tipo de tinta utilizado.

Além disso, foram calculados através do software Autodesk AutoCAD 2016 (versão para estudantes) os parâmetros requeridos no RTQ-C e inseridos na equação da zona bioclimática correspondente.

Os parâmetros calculados foram o fator de forma (FF), o fator altura (FA), percentual de abertura das fachadas (PAFt), e, por fim, os ângulos de sombreamento horizontal (AHS) e vertical (AVS).

Avaliados esses elementos, foram obtidos parâmetros que, inseridos nas equações propostas pelo regulamento, retornaram o valor do Índice de Consumo da Envoltória,  $IC_{env}$  e de posse desse valor, foi possível obter a nota de classificação da envoltória.

A escolha da equação correta depende da zona bioclimática que está localizada a edificação. Para isso, foi realizada uma consulta à ABNT/NBR 15.220 Parte 3, norma técnica que propõe oito zonas bioclimáticas diferentes para o Brasil, a fim de escolher a ZB correta.

A avaliação dos resultados do método prescritivo foi feita com o auxílio da ferramenta Webprescritivo, disponível em ([www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo)). A ferramenta desenvolvida pelo LabEEE/UFSC funciona como uma planilha para o cálculo do nível de classificação da edificação, onde a entrada de dados retorna o nível de classificação do sistema de forma bastante simples.

No entanto, como a ferramenta informa apenas o resultado final e não os cálculos intermediários realizados, foi necessária a produção e utilização de planilhas próprias que serviram de base para avaliar a real situação do edifício mediante a aplicação do método.

#### **4.1.1.2 Iluminação**

O regulamento prevê dois possíveis métodos de avaliação para o sistema de iluminação. O primeiro deles, é o Método das Áreas, que divide o edifício em até três atividades principais e avalia de forma conjunta todos os ambientes, estipulando um único valor limite para a avaliação, conforme as áreas atribuídas. O outro método é o método das atividades, que avalia separadamente cada um dos ambientes do edifício, conforme o uso real de cada um destes. Em ambos os métodos, é necessário obter a Densidade de Potência (DPI), que é uma relação de potência instalada pela área do ambiente, medida em  $W/m^2$ .

No entanto, a empresa ao entregar a edificação, fornece apenas as ligações de luz até os spots das lâmpadas, e não as lâmpadas, ou seja, não se tem dados referentes a potência instalada em cada um dos ambientes avaliados. Portanto, não é possível determinar qual o valor de potência em cada um dos ambientes. Desta forma, neste estudo o sistema de iluminação não foi avaliado.

#### **4.1.1.3 Condicionamento de ar**

Para o sistema de condicionamento de ar, existem duas possibilidades segundo o regulamento, sistema tipo Split ou tipo central.

Se o sistema for do tipo Split, o RTQ-C avalia individualmente cada um dos aparelhos, levando em consideração a classificação energética conforme o programa

brasileiro de etiquetagem. Já o sistema central avalia a capacidade, tipo de aquecimento e eficiência mínima dos condicionadores e equipamentos necessários para o funcionamento do sistema.

Da mesma forma que a iluminação, o sistema de condicionamento de ar também não foi avaliado, pois a edificação não possui sistema de condicionamento de ar central e deixa a cargo de cada um dos proprietários das salas instalar o seu próprio equipamento de ar condicionado. Dessa forma, não é possível levantar dados sobre quais são os equipamentos instalados em cada uma das salas, inviabilizando a avaliação desse sistema.

#### **4.1.2 Torre residencial**

Da mesma forma que a torre comercial, a torre residencial também foi avaliada. Para tal, dessa vez foi aplicado o método prescritivo proposto pelo RTQ-R que também avalia individualmente três sistemas do edifício. Neste caso, esses são a envoltória, o aquecimento de água e as bonificações, que servem como uma pontuação bônus de até 1 ponto na classificação. Através da avaliação, o sistema também recebe um equivalente numérico que varia de 1 a 5, considerando 1 pior e 5 melhor classificação.

No caso da avaliação residencial, diferentemente da comercial, o método leva em consideração a orientação solar do edifício como um dos parâmetros a serem avaliados. Isso influencia a avaliação de forma que, conforme as unidades estão dispostas no pavimento, variam os valores dos parâmetros avaliados. É necessário, portanto que sejam realizadas avaliações individuais para cada uma das unidades.

Além disso, conforme a tipologia, ou seja, se a unidade está localizada no pavimento térreo, nos pavimentos tipo ou na cobertura, os valores de alguns parâmetros modificam, diferenciando as classificações das unidades.

No caso desse estudo, foram avaliadas duas tipologias diferentes, a de cobertura e a de pavimento tipo. Por conta de o pavimento térreo da edificação possuir áreas de permanência transitória e não ter contato com o solo, descaracterizando ser um pavimento térreo, foram avaliados apenas os pavimentos tipo do edifício, do primeiro ao décimo primeiro.

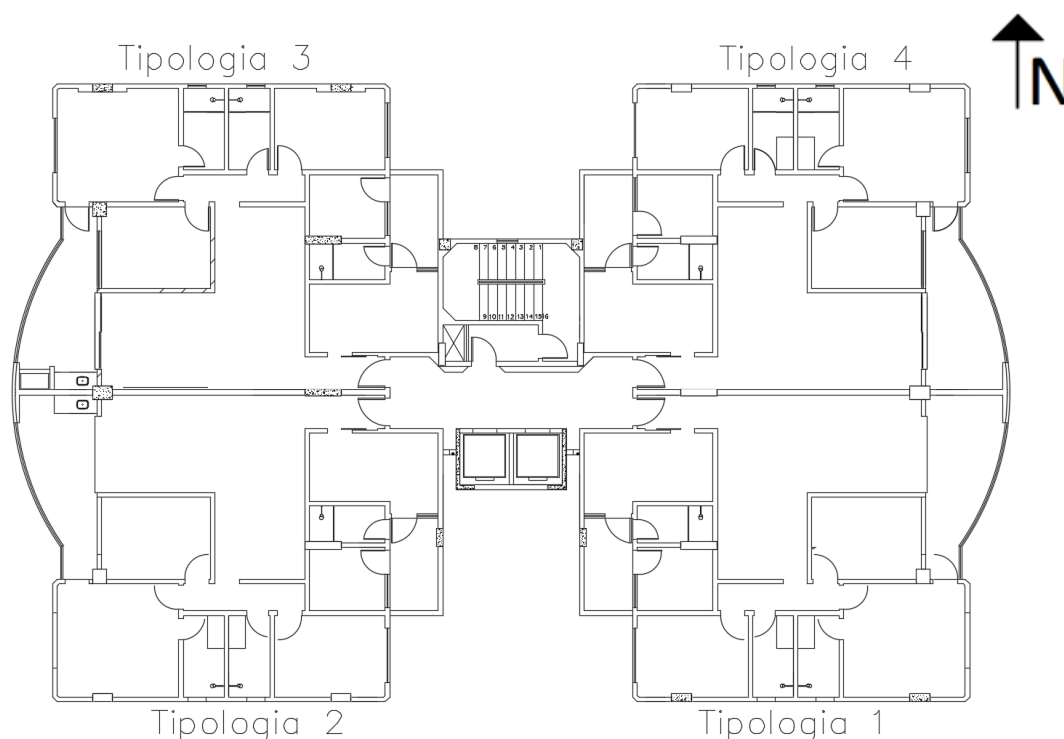
Em termos de avaliação energética, foram considerados como pavimento tipo, do primeiro até o décimo andar do edifício. Já o décimo primeiro andar, apesar de arquitetonicamente não ser considerado a cobertura da edificação, é o último pavimento, ou seja, recebe maior radiação e deve ser avaliado como pavimento de cobertura da edificação.

Além das duas tipologias, em cada andar existem quatro apartamentos com diferentes orientações, que foram chamadas de 1, 2, 3 e 4, referentes a disposição em que se encontram em planta.

Combinando essas tipologias do andar das tipologias referentes aos pavimentos tipo e de cobertura, foram ao todo realizadas oito diferentes avaliações residenciais.

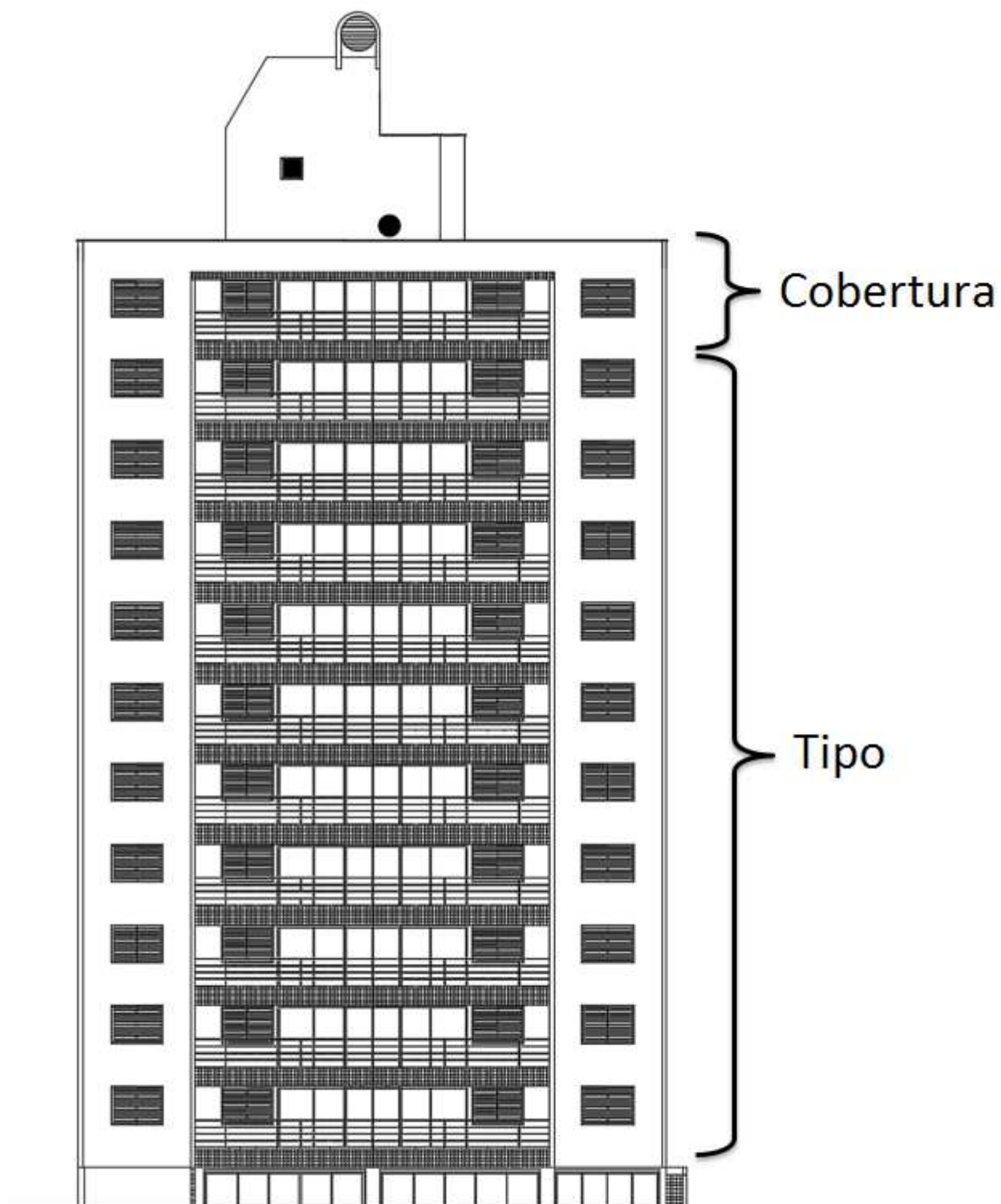
As Figuras 17 e 18, mostram respectivamente a divisão das tipologias por unidade e por pavimentos do edifício.

**Figura 17 – Divisão de tipologias por unidades**



Fonte: Autor

Figura 18 – Divisão de tipologias por pavimento



Fonte: Autor

As áreas avaliadas são as áreas de permanência prolongada, que nesse caso são 4, sala e 3 dormitórios (D1, D2 e D3). Apesar das unidades possuírem quatro

dormitórios, um deles é o dormitório de serviço, que, segundo o regulamento, não é uma APP, ou seja, não é avaliado pelo regulamento.

Para o cálculo da eficiência energética, foi utilizada a planilha de cálculo do desempenho da UH, elaborada também pelo LabEEE/UFSC, disponibilizada através do site do PBE Edifica e recomendada a ser utilizada pelo próprio manual de aplicação do RTQ-R.

#### **4.1.2.1 Envoltória**

Conforme o regulamento e a zona bioclimática em que se encontra (ZB3), para a avaliação, 65% do peso da avaliação é atribuído a envoltória da edificação e os outros 35% para o aquecimento de água para o cálculo de eficiência energética do edifício.

Para determinação das propriedades térmicas dos componentes empregados, também se utilizou do Anexo V do RAC para determinação da transmitância, capacidade térmica e absorvância dos elementos construtivos.

As medições de áreas solicitadas, assim como no comercial, foram realizadas através do AutoCAD. Foram calculados os parâmetros de áreas dos ambientes, áreas de abertura, ventilação, iluminação, área de paredes internas, além das características construtivas dos materiais empregados.

#### **4.1.2.2 Aquecimento de água**

O empreendimento conta com alimentação do sistema de aquecimento de água do tipo a gás (individual), juntamente com o sistema elétrico, ou seja, o sistema é alimentado por gás através das tubulações já instaladas em todos os apartamentos do edifício. No entanto, a empresa não fornece nenhum tipo de aparelho de aquecimento de água. As ligações, conexões e tubulações são entregues até a espera na área de serviço das unidades, onde deve ser instalado o aquecedor. Por esse motivo, torna-se muito difícil a avaliação real de todos os aparelhos, pois não há dados sobre os aparelhos instalados pelos moradores.

Em contrapartida, para que a avaliação total da edificação não fosse prejudicada, algumas sugestões foram feitas. O objetivo dessas propostas é obter, em uma situação real de entrega do edifício, um panorama dos equipamentos corretos que a empresa deve entregar, ou pelo menos sugerir no momento de entrega das unidades, para que estas possuam a classificação máxima de eficiência energética segundo o programa de etiquetagem.

Salienta-se que no método residencial não existe avaliação parcial da unidade, sendo necessário, nesse trabalho, estimar a classificação do sistema de aquecimento de água.

#### **4.1.2.3 Bonificações**

Para as bonificações, foram considerados alguns itens que podem gerar um aumento na pontuação final da classificação da edificação. Entre eles estão relações de profundidades dos ambientes, uso ou não de dispositivos especiais que ofereçam melhoria no desempenho de ventilação e iluminação natural dos apartamentos, uso racional de água, presença ou não de condicionadores de ar, entre outras bonificações descritas no corpo do RTQ-R e são consideradas pelo método.

#### **4.3 Propostas de melhorias**

Com relação às propostas de melhorias, através das planilhas foi realizado um estudo a fim de encontrar quais os problemas existentes na edificação que impossibilite a mesma de ser classificada como nível A. Com isso, foram supostas intervenções até que essa adquirisse nível A.

#### **4.4 Análise econômica**

Para a análise do investimento para converter a edificação em nível A, foram realizadas tanto pesquisas de mercado quanto consultas em literaturas relacionadas a orçamentação na construção civil.

A pesquisa de mercado foi realizada por meio da busca em empresas especializadas na fabricação e execução das soluções propostas. O contato com as

empresas foi realizado através de ligações telefônicas e trocas de e-mails com os devidos setores responsáveis das empresas.

Já com relação às pesquisas em bibliografias, a estimativa foi realizada consultando duas literaturas, a Tabela de Composição de Preços e Orçamentos (TCPO) da editora PINI (14ª edição) e a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) da Caixa Econômica Federal versão de abril de 2016.

Como a edificação é de 2004, para o cálculo dos custos, foi necessário atualizar o valor para o presente. Como a empresa não disponibilizou o orçamento da edificação, foi necessário realizar uma estimativa do valor da obra através do CUB. Dessa forma, para a base e edificação comercial foi adotado o valor de CUB de edifício comerciais de alto padrão e para a torre residencial, adotou-se o valor do CUB de edifícios residenciais, também de alto padrão.

Para o ajuste do valor, foi utilizado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Com o valor do CUB e o ajuste pelo IPCA, foi possível realizar a estimativa do valor presente da obra.

Também foram realizados orçamentos das soluções que já estão implantadas. Dessa forma, é possível determinar a diferença do valor do investimento para que a cobertura seja modificada.



## 5. AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Neste capítulo será apresentada a avaliação dos resultados referentes à classificação energética. Serão abordados os resultados conforme a ordem em que foram apresentadas as edificações no escopo deste trabalho, comercial e posteriormente residencial.

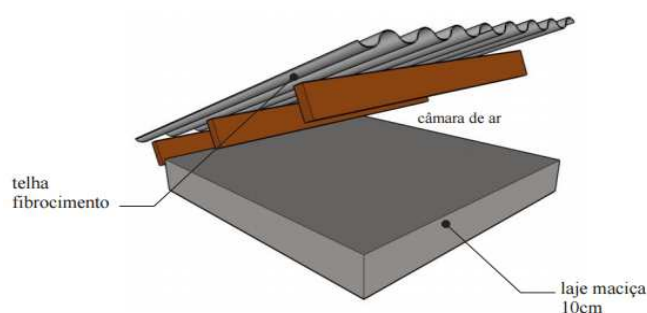
### 5.1 Torre Comercial

#### 5.1.1 Pré-Requisitos

Como já foi apresentado, a cobertura, possui em sua composição telha de fibrocimento, câmara de ar e laje maciça. Com isso, e através das composições de coberturas dispostas no Anexo V do RAC, é possível obter os valores de transmitância e capacidade térmica. Da mesma forma, também foram obtidos os valores de transmitância e Capacidade térmica para as paredes da edificação.

Os resultados obtidos foram valores de 2,06 W/m<sup>2</sup>K para a transmitância de cobertura e de 2.46 W/m<sup>2</sup>K para as transmitâncias de parede. A Figura 19, mostra em detalhes os valores para os dois componentes.

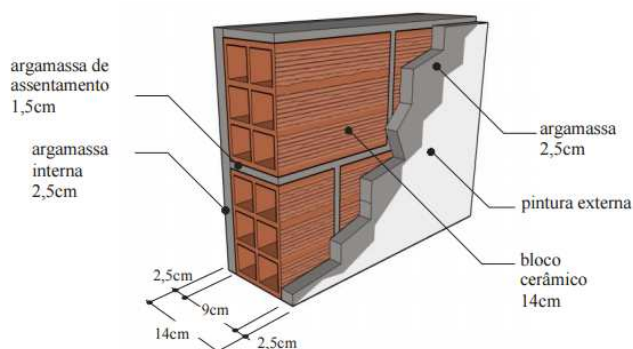
**Figura 19 - Propriedades térmicas da cobertura e paredes**



Descrição:

Laje maciça (10,0cm)  
Câmara de ar (> 5,0 cm)  
Telha fibrocimento

U [W/(m <sup>2</sup> K)]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]
2,06	233



Descrição:

Argamassa interna (2,5cm)  
Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm)  
Argamassa externa (2,5cm)  
Pintura externa (α)




U [W/(m <sup>2</sup> K)]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]
2,46	150

Fonte: Anexo V do RAC

Em relação às cores e absorvância, por possuir telhas de fibrocimento em sua estrutura, a cor possui aspectos acinzentados. Assim, foi atribuída a cor Concreto para a cobertura, a qual possui absorvância igual a 0,715.

A cobertura do centro da edificação constituída de uma laje maciça de 10cm pintada nas cores branco e verde. No entanto, as áreas abaixo da laje são destinadas aos reservatórios de água, casa de máquinas e acesso ao telhado e são caracterizados como áreas de permanência transitória. O método prescritivo desconsidera essa área dos cálculos de transmitância de absorvância de paredes e cobertura. Portanto, foram considerados apenas os valores da transmitância e absorvância das áreas onde a telha de fibrocimento está instalada. Os valores das absorvâncias das cores da edificação também são determinados através do anexo V do RAC estão mostradas na figura 20:

**Figura 20 - Cores e absorvâncias das cores da torre comercial**

	Verde Quadra	75,5
	Branco	15,8
	Concreto	71,5

Fonte: Anexo V do RAC

Como existem cores distintas nas paredes, a absorvância total é determinada através de uma ponderação em relação à área. Para demonstração de tal, a Tabela 1 mostra as áreas e as absorvâncias respectivas.

**Tabela 1 - Ponderação da absorvância das paredes**

Cor	Área (m <sup>2</sup> )	Absorvância
Verde	921,28	0,755
Branco	1557,14	0,281
<b>Absorvância Parede</b>	<b>0,46</b>	

Fonte: autor

### 5.1.2 Envoltória

Foram verificados os dados da envoltória da edificação, solicitados pelo RTQ-C e calculados através das ferramentas de desenho e catálogos fornecidos pelo programa de etiquetagem brasileiro para que seja obtida a classificação energética da envoltória da edificação. Na Tabela 2 estão descritas as variáveis solicitadas, valores e as respectivas unidades.

**Tabela 2 – Variáveis, valores e unidades para a envoltória da edificação**

Variável	Valor	Unidade
Transmitância da Cobertura AC	2,06	W/m²K
Transmitância da Cobertura ANC	2,06	W/m²K
Transmitância de Paredes	2,46	W/m²K
Absortância da Cobertura	0,65	Adimensional
Absortância das Paredes	0,38	Adimensional
Percentual de Abertura Zenital	0,00%	%
Fator Solar do Vidro	0,83	Adimensional
Área Total	7077,29	m²
Área de Projeção da Cobertura	643,39	m²
Área de Projeção da Edificação	643,39	m²
Área da envoltória	4155,86	m²
Volume Total	20331,12	m³
Percentual de Abertura de Fachada	23,47%	%
Percentual de Abertura de Fachada Oeste	0,26%	%
Ângulo Vertical de Sombreamento	26,97	Graus
Ângulo Horizontal de Sombreamento	3,57	Graus
Fator Forma	0,2	Adimensional
Fator Altura	0,09	Adimensional

Fonte: Autor

Os dados foram inseridos no Webprescritivo e assim foi obtida a classificação e a nota final da envoltória. Nota-se pela Figura 21 que a classificação obtida pela edificação foi E, o pior nível de classificação.

**Figura 21 - Classificação da envoltória através do Webprescritivo**

Envoltória

Localização: ☐ Zona Bioclimática ZB 3 ☒ Cidade Florianópolis SC

☒ Pré-requisitos

U<sub>COB-AC</sub> 2.06 W/(m²K) α<sub>COB</sub> 64 %

U<sub>COB-ANC</sub> 2.06 W/(m²K) CT<sub>PAR</sub> 0 kJ/(m²K)

U<sub>PAR</sub> 2.46 W/(m²K) α<sub>PAR</sub> 38 %

PAZ 0 % FS 0

Dados Dimensionais da Edificação

A<sub>TOT</sub> 7139.8 m² FA: 0.09

A<sub>PCOB</sub> 643.39 m²

A<sub>PE</sub> 643.39 m²

V<sub>TOT</sub> 20331.12 m³

A<sub>ENV</sub> 4155.86 m²

Características das Aberturas

FS .83

PAF<sub>T</sub> 23.47 %

PAF<sub>O</sub> .26 %

AVS 26.97 °

AHS 3.57 °

\* O nível de eficiência alcançado foi limitado pela transmitância térmica da cobertura dos ambientes condicionados.

Calcular Eficiência Limpar

■ ■ ■ ■ ■ E

Fonte: LabEEE

Como a ferramenta informa apenas o resultado final da avaliação e não os cálculos intermediários de Índice de Consumo máximo, mínimo, índice i e os valores limite de Índice de Consumo dos níveis de classificação, a partir da planilha de cálculos própria foram determinados os valores para a comparação com os resultados do Webprescritivo. Além disso, a planilha já informa o resultado obtido considerando ou não os pré-requisitos. A tabela 3 mostra os resultados obtidos para a envoltória.

**Tabela 3 - Classificação da envoltória através da planilha própria**

Zona Bioclimática			ZB3
Pré-Requisitos Específicos	U <sub>cob-AC</sub>	W/m²K	2,06
	U <sub>cob-ANC</sub>	W/m²K	2,06
	CT <sub>par</sub>	kJ/m²K	150
	U <sub>par</sub>	W/m²K	2,46
	α <sub>cob</sub>	Adimensional	0,68
	α <sub>par</sub>	Adimensional	0,46
	PAZ	%	0,0%
	FS	Adimensional	0,83
Dimensões da Edificação	Atot	m²	7077,29
	Apcob	m²	643,39
	Ape	m²	643,39
	Aenv	m²	4155,86
	Vtot	m³	20331,12
	PAF <sub>t</sub>	%	23,47%
	PAF <sub>o</sub>	%	0,26%

	<b>AVS</b>	<b>Graus</b>	26,97
	<b>AHS</b>	<b>Graus</b>	3,57
	<b>FF</b>	<b>Adimensional</b>	0,20
	<b>FA</b>	<b>Adimensional</b>	0,09
<b>Resultados</b>	IC - ZB3	86,32	
	IcmaxD - ZB3	111,97	
	Icmin - ZB3	85,28	
	i	6,67	
	Limites A	91,95	
	Limites B	91,96	98,62
	Limites C	98,63	105,29
	Limites D	105,30	111,97
	Limites E	111,98	
	<b>Classificação da Envoltória</b>	<b>A</b>	
	<b>Classificação analisando os pré-requisitos</b>	<b>E</b>	

Fonte: Autor

Observa-se que a envoltória, possui potencial suficiente de atendimento à classificação nível A, no entanto, a classificação foi rebaixada para a pior nível, E, pelo não atendimento aos pré-requisitos dispostos no regulamento, que limitam os valores de transmitância e absorptância. Isso ocorre pelas características térmicas da cobertura serem ineficientes, ou seja, nem as cores adotadas nem os componentes construtivos adotados para a cobertura são energeticamente eficientes.

### 5.1.3 Sistema de Iluminação

Como já descrito, o sistema de iluminação não foi avaliado por falta de dados da instalação das lâmpadas no edifício.

### 5.1.4 Sistema de condicionamento de ar

Da mesma forma que a iluminação, o sistema de condicionamento de ar, também não foi avaliado por falta de dados da instalação dos aparelhos de ar condicionado instalados nas salas do edifício.

## 5.2 Torre Residencial

### 5.2.1 Envoltória

Na Tabela 4, são apresentados os cálculos referentes a classificação da envoltória das tipologias de cobertura da torre residencial. Como as mudanças referentes as orientações dos apartamentos influenciam no resultado, seria necessário apresentar as 8 tabelas de classificação neste capítulo. Para maior clareza do texto, optou-se por apresentar apenas os cálculos referentes a tipologia 1.

**Tabela 4 - Avaliação da envoltória da tipologia 1 de cobertura da torre residencial**

Zona Bioclimática	ZB	TIPO 1 - COB	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	Adimensional	Sala	D1	D2	D3
	Área útil do APP	m²	36,72	9,72	15,00	9,85
Situação do piso e cobertura	Cobertura	Adimensional	1	1	1	1
	Contato com solo	Adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	Adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m².K	2,06	2,06	2,06	2,06
	CTcob	kJ/m².K	233,00	233,00	233,00	233,00
	αcob	Adimensional	0,72	0,72	0,72	0,72
Paredes Externas	Upar	W/m².K	2,46	2,46	2,46	2,46
	CTpar	kJ/m².K	150,00	150,00	150,00	150,00
	αpar	adimensional	0,34	0,34	0,34	0,34
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m²	0,00	0,00	0,00	0,00
	SUL	m²	0,00	0,00	10,60	9,67
	LESTE	m²	2,15	3,65	8,40	0,00
	OESTE	m²	0,00	0,00	0,00	4,82
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m²	0,00	0,00	0,00	0,00
	SUL	m²	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m²	5,50	2,34	2,34	0,00
	OESTE	m²	0,00	0,00	0,00	2,34
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,45	0,45	0,45	0,45
	Somb	adimensional	0,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área Paredes Internas	m²	96,59	26,44	20,54	16,82
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,072	0,273	0,177	0,269

No caso de uma avaliação de uma UH da tipologia Tipo, os dados relativos à cobertura seriam iguais a zero, não influenciando na avaliação. A compilação dos dados referentes a essa tipologia está disposta na tabela 5.

**Tabela 5 - Avaliação da envoltória da Tipologia 1 Tipo**

Zona Bioclimática	ZB	TIPO 1 - Tipo	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Sala App1 INT	D1 App1 INT	D2 App1 INT	D3 App1 INT
	Área útil do APP	m <sup>2</sup>	36,72	9,72	15,00	9,85
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	1	1	1	1
Cobertura	Ucob	W/m <sup>2</sup> .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	CTcob	kJ/m <sup>2</sup> .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m <sup>2</sup> .K	2,46	2,46	2,46	2,46
	CTpar	kJ/m <sup>2</sup> .K	150,00	150,00	150,00	150,00
	αpar	adimensional	0,34	0,34	0,34	0,34
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
	SUL	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	10,60	9,67
	LESTE	m <sup>2</sup>	2,15	3,65	8,40	0,00
	OESTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	4,82
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
	SUL	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m <sup>2</sup>	5,50	2,34	2,34	0,00
	OESTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	2,34
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,45	0,45	0,45	0,45
	Somb	adimensional	0,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área Paredes Internas	m <sup>2</sup>	96,59	26,44	20,54	16,82
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,072	0,273	0,177	0,269

O RTQ-R, assim como o RTQ-C, avalia os pré-requisitos de envoltória referentes as cores e propriedades térmicas dos componentes, porém com algumas peculiaridades. No caso da edificação, e por estar localizada na ZB3, o limite máximo de transmitância depende se o valor da absorptância é maior ou menor que 0,6 para as paredes e cobertura. Se for menor, o valor limite para as paredes é de 3.70 W/m<sup>2</sup>K e o limite da cobertura é de 2,30 W/m<sup>2</sup>K. Se a absorptância for maior que 0,6, os limites

passam a ser menores. Para as paredes, o valor é de 2,50 W/m<sup>2</sup>K e para a cobertura, de 1,5 W/m<sup>2</sup>K.

No caso da edificação, as telhas, de fibrocimento e aspecto acinzentado, cor concreto, possuem absorvância de 0,715 e transmitância térmica de 2,06 W/m<sup>2</sup>K, o que implica no não atendimento ao pré-requisito solicitado.

Ainda sobre os pré-requisitos, o RTQ-R possui considerações com relação aos ambientes e às unidades habitacionais como um todo. Para os ambientes, são dois os pré-requisitos avaliados. O primeiro deles de ventilação natural e o segundo de iluminação natural.

Com relação à iluminação natural, o RTQ-R solicita que a relação da área de iluminação pela área útil do ambiente seja de no mínimo 12.5%, ou seja, a área de abertura deve possuir no mínimo 1/8 da área do piso. Dos 4 ambientes avaliados, apenas a sala, atende a essa premissa. É importante ressaltar que os três dormitórios avaliados possuem janelas com venezianas verticais, solução que bloqueia metade da possibilidade de entrada de luz natural no ambiente.

Já a exigência ventilação natural, existe um mínimo exigido de percentual de abertura para ventilação em relação à área útil do ambiente. No caso da Zona Bioclimática 3, esse percentual, é de 8%. Neste estudo, todos os ambientes de permanência prolongada da edificação possuem pelo menos esse mínimo exigido.

A tabela 6 mostra um panorama da avaliação dos pré-requisitos dos ambientes para o caso da tipologia 1 de cobertura. Salienta-se, no entanto, que os dados se aplicam a todas as tipologias avaliadas.

**Tabela 6 - Pré-requisitos dos ambientes Tipologia 1**

		Sala	Dormitório 1	Dormitório 2	Dormitório 3
<b>Paredes externas</b>	Upar, Ctpar e qpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Cobertura</b>	Absortância	0,715	0,715	0,715	0,715
	Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	2,06	2,06	2,06	2,06
	Capacidade Térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	233	233	233	233
	Ucob, CTcob e αcob atendem?	Não	Não	Não	Não
<b>Iluminação Natural</b>	Área de abertura para iluminação [m <sup>2</sup> ]	5,50	1,05	1,05	1,05
	Ai/Auamb (%)	16,61	10,80	8,00	10,66
	Atende 12,5%?	Sim	Não	Não	Não
<b>Ventilação Natural</b>	Área de abertura para ventilação	2,75	1,05	1,05	1,05
	Av/Auamb (%)	8,30	10,80	8,00	10,66
	Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim



Tratando-se dos pré-requisitos da UH, são quatro os parâmetros avaliados. Os dois primeiros se referem à individualização da possibilidade de medições de energia e água em cada unidade habitacional. Os outros dois, são quanto a ventilação cruzada na unidade e a existência ou não de ventilação natural nos banheiros.

Primeiramente, tanto as medições de água quanto de energia são individualizadas, atendendo ao pré-requisito exigido.

Quanto à ventilação cruzada, o RTQ-R exige que a relação entre a área de abertura para ventilação na fachada de maior abertura, pelo somatório das áreas de aberturas para ventilação nas outras fachadas seja no mínimo 25%, ou seja, em uma das fachadas a área de abertura deve possuir valor igual ou maior que  $\frac{1}{4}$  da soma das aberturas de todas as aberturas das outras fachadas da UH.

No caso da edificação em estudo, o pré-requisito é atendido por todas as unidades.

Já o caso dos banheiros ventilados, o regulamento prevê que pelo menos 50% dos banheiros das unidades disponham de ventilação natural. No edifício, existem 3 banheiros em cada apartamento, sendo dois deles com janelas (ventilação) e 1 deles enclausurado, o lavabo, que descaracteriza a ventilação natural. Mesmo assim, como 2/3 dos banheiros possuem ventilação, o requisito é atendido.

A tabela 7 mostra um panorama da avaliação dos pré-requisitos dos ambientes para o caso da tipologia 1 de cobertura, no entanto, os dados se aplicam a todas as tipologias avaliadas.

**Tabela 7 - Avaliação dos pré-requisitos da UH para a Tipologia 1 de cobertura**

<b>Medição individual de água?</b>		Sim
<b>Medição individual de energia?</b>		Sim
<b>Ventilação Cruzada</b>	Área Aberturas orientação Norte	0
	Área Aberturas orientação Sul	1,12
	Área Aberturas orientação Leste	2,1
	Área Aberturas orientação Oeste	3,15
	A2/A1	1,02
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?	Sim
<b>Banheiros com Ventilação Natural</b>	Nº BWC	3
	Nº Banheiros com ventilação natural	2
	Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?	Sim

Com esses dados, é possível obter a classificação da envoltória de todas as oito tipologias e, conseqüentemente, obter o equivalente numérico da envoltória da edificação. Para tal, foi realizado o cálculo dos equivalentes numéricos de resfriamento e aquecimento e, posteriormente uma ponderação desses valores conforme a zona bioclimática em que a edificação se encontra.

O Equivalente numérico da envoltória para resfriamento (EqNumEnvResfr) representa o desempenho da envoltória para o verão, enquanto o Equivalente numérico da envoltória para aquecimento (EqNumEnvA) representa o desempenho da envoltória para o inverno.

Para obtenção do equivalente numérico de envoltória, a zona bioclimática 3 prevê que se considere uma parcela de 64% para o verão e 36% para o inverno. Com isso, a Tabela 8 mostra um resumo dos resultados obtidos nos cálculos dos equivalentes numéricos das tipologias avaliadas.

**Tabela 8 - Resumo do equivalente numérico da envoltória das tipologias**

Tipologia		EqNumEnv		
		Verão	Inverno	Nota final
Cobertura	1	1,97	3,00	2,34
	2	1,97	3,00	2,34
	3	1,62	3,00	2,12
	4	1,62	3,00	2,12
Tipo	1	3,00	4,03	3,37
	2	3,00	4,03	3,37
	3	3,00	4,03	3,37
	4	3,00	4,03	3,37

Legenda	
	Classificação B
	Classificação C
	Classificação D

Fonte: Autor

Nota-se que a classificação da envoltória em geral, varia entre as classificações C e D, que são consideradas classificações ruins. Os equivalentes numéricos de verão para as tipologias 3 e 4 de cobertura foram as menores encontradas, com o valor de 1,62, que é próximo ao nível E de classificação.

Através dessa classificação será possível conceber as interferências necessárias para melhorias no equivalente numérico das tipologias.

### 5.2.2 Aquecimento de água

Como já abordado, o sistema de aquecimento de água não foi avaliado.

### 5.2.3 Bonificações

Com relação as bonificações, foram contabilizadas as pontuações que são possíveis de serem atingidas, sem que nenhuma intervenção seja feita. É o caso das bonificações de ventilação natural e de iluminação natural.

Para a ventilação, foi considerada a bonificação por porosidade, que é uma solicitação feita pelo RTQ-R de que as UHs devem comprovar a existência de uma abertura de 20% ou mais em pelo menos duas fachadas de orientações distintas. No caso de edifícios com mais de dois pavimentos esse percentual é corrigido por um coeficiente de redução que varia entre 0,5 e 0,8. Quanto maior a altura, menor é a porcentagem de abertura exigida e menor é o módulo do coeficiente.

No caso desse edifício, para as tipologias de cobertura, o coeficiente de redução é igual a 0,5, pois essas se encontram acima do 9º pavimento. Pela tabela 9 é possível observar o atendimento da bonificação.

**Tabela 9 - Bonificação por porosidade das tipologias de cobertura**

Tipologia	Orientação	Área de Abertura	Área de fachada	Percentual de abertura	Percentual a atender	Atende?	Bonificação
Cobertura	Norte	0,00	0	0,00%	10%	Sim	0,12
	Sul	1,12	26,3	4,26%			
	Leste	4,68	28,62	16,35%			
	Oeste	2,34	18,55	12,61%			

Fonte: Autor

Nota-se pela tabela que, por conta do fator de redução, foi possível atender ao pré-requisito. Com isso, as tipologias de cobertura receberam 0,12 pontos na classificação final.

Em relação as unidades Tipo, foi realizada uma média de altura entre os pavimentos. Nesse caso, como a média de altura dos pavimentos está no 5º andar, o coeficiente adotado é de 0.7, e a porosidade não atende ao pré-requisito, impossibilitando-o de receber a bonificação, como se observa na tabela 10.

**Tabela 10 - Bonificação por porosidade das tipologias tipo**

Tipologia	Orientação	Área de Abertura	Área de fachada	Percentual de abertura	Percentual a atender	Atende?	Bonificação
<b>Tipo</b>	Norte	0,00	0	0,00%	14%	<b>Não</b>	<b>0,00</b>
	Sul	1,12	26,3	4,26%			
	Leste	4,68	28,62	16,35%			
	Oeste	2,34	18,55	12,61%			

Fonte: Autor

Com relação à bonificação de iluminação natural, o regulamento prevê duas possibilidades de bonificação. A primeira delas é a de profundidade, onde a relação entre a distância dos ambientes de permanência prolongada e a altura da janela deve ser maior que 2,4. No caso da edificação, essa atende a esse requisito e com isso recebe um aumento de 0,2 pontos na classificação final.

Já a refletância do teto, segundo o regulamento, cada ambiente de permanência prolongada, cozinha e área de serviço e lavanderia devem ter refletância do teto acima de 0,6. No caso da edificação, o requisito é atendido e por isso recebe um aumento de 0,1 ponto na classificação final.

Avaliadas as devidas bonificações, constatou-se que as tipologias de cobertura receberam um acréscimo de 0,42 pontos no que se refere a nota final de classificação, enquanto as tipologias Tipo, apenas 0,30 pontos por não atender o pré-requisito de porosidade.

#### 5.2.4 Classificação da Edificação

Avaliados os sistemas da edificação, foi produzida a Tabela 11 com as classificações já obtidas referentes a torre. Nessa tabela, estão os valores dos equivalentes numéricos de envoltória e das bonificações obtidas por cada uma das tipologias.

A nota de classificação do aquecimento de água e das bonificações são posteriormente somadas à classificação da envoltória para que assim seja determinada a classificação energética do edifício por completo.

**Tabela 11 - equivalentes numéricos obtidos**

Tipologia		EqNumEnv	Classificação da Envolvória	Bonificações
Cobertura	1	2,34	D	0,42
	2	2,34	D	0,42
	3	2,12	D	0,42
	4	2,12	D	0,42
Tipo	1	3,37	C	0,3
	2	3,37	C	0,3
	3	3,37	C	0,3
	4	3,37	C	0,3

Fonte: Autor

## 6. PROPOSTAS DE MELHORIAS

Para obtenção das soluções necessárias para aumentar a classificação até a obtenção da classificação Nível A de ambas as torres, nesse capítulo são descritas as melhorias propostas.

### 6.1 Torre Comercial

Inicialmente, serão abordadas as melhorias para a torre comercial.

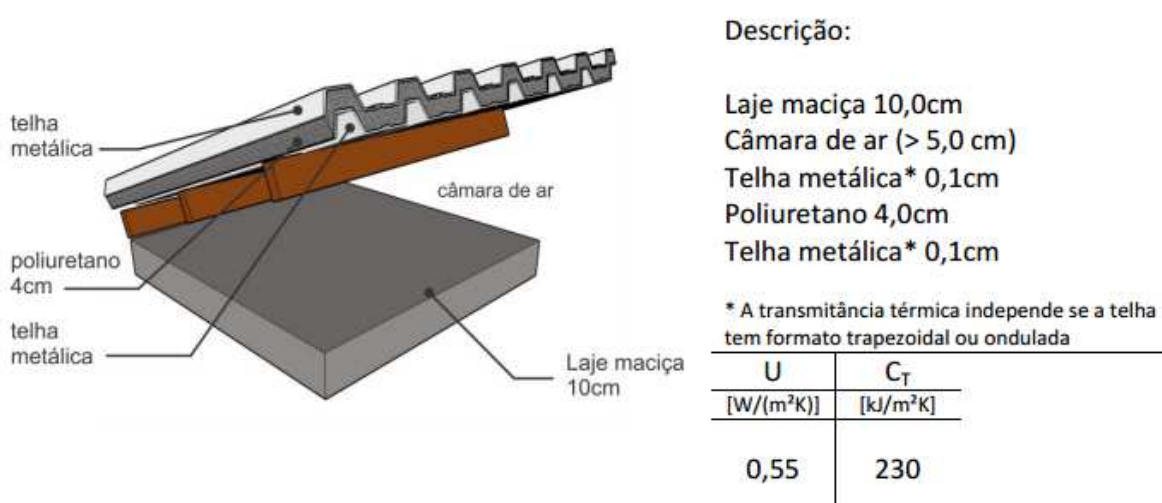
#### 6.1.1 Envoltória

Apenas com as modificações das propriedades térmicas da cobertura, mesmo sem pensar nas cores, já é possível obter melhores resultados em relação a classificação da envoltória.

Por exemplo, se fosse escolhida uma telha mais eficiente, como a telha sanduiche, composta por duas telhas metálicas e um material isolante entre elas, como poliuretano (ou qualquer outro tipo de isolamento, como poliestireno), e a cobertura se mantivesse da cor concreto, a classificação, de nível E, passaria para nível C, melhorando 2 níveis na classificação.

Através da Figura 22, é possível observar o detalhamento de uma cobertura que poderia ser adotada como solução. Além disso, na Tabela 12 observa-se a melhoria na classificação com a mudança na cobertura.

**Figura 22 - Detalhe da telha sanduiche**



Fonte: Anexo V – RAC

Tabela 12 - Mudança na transmitância de cobertura

Zona Bioclimática			ZB3
Pré-Requisitos Específicos	U <sub>cob</sub> - AC	W/m²K	0,55
	U <sub>cob</sub> - ANC	W/m²K	0,55
	CT <sub>par</sub>	kJ/m²K	155
	U <sub>par</sub>	W/m²K	2,46
	α <sub>cob</sub>	Adimensional	0,68
	α <sub>par</sub>	Adimensional	0,38
	PAZ	%	0,0%
	FS	Adimensional	0,83
Dimensões da Edificação	Atot	m²	7077,29
	Apcob	m²	643,39
	Ape	m²	643,39
	Aenv	m²	4155,86
	Vtot	m³	20331,12
	PAFt	%	23,47%
	PAFo	%	0,26%
	AVS	Graus	26,97
	AHS	Graus	3,57
	FF	Adimensional	0,20
	FA	Adimensional	0,09
Resultados	IC - ZB3	86,32	
	IcmaxD - ZB3	111,97	
	Icmin - ZB3	85,28	
	i	6,67	
	Limites A	91,95	
	Limites B	91,96	98,62
	Limites C	98,63	105,29
	Limites D	105,30	111,97
	Limites E	111,98	
	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA	A	
	Com os pré requisitos:	C	
	EqNumEnv	3	

A outra intervenção necessária para melhoria da classificação seria a pintura das telhas da cobertura com a utilização de cores claras ( $\alpha < 0,50$ ). Dessa forma, evita-se a penalização da torre, obtendo-se a classificação máxima da envoltória.

Na Tabela 13, observa-se a mudança e o nível de classificação final da envoltória com as devidas intervenções realizadas.

**Tabela 13 - Mudança na cor da cobertura**

Zona Bioclimática			ZB3
Pré-Requisitos Específicos	U <sub>cob</sub> - AC	W/m²K	0,55
	U <sub>cob</sub> - ANC	W/m²K	0,55
	CT <sub>par</sub>	kJ/m²K	155
	U <sub>par</sub>	W/m²K	2,46
	α <sub>cob</sub>	Adimensional	0,3
	α <sub>par</sub>	Adimensional	0,38
	PAZ	%	0,0%
	FS	Adimensional	0,83
Dimensões da Edificação	Atot	m²	7077,29
	Apcob	m²	643,39
	Ape	m²	643,39
	Aenv	m²	4155,86
	Vtot	m³	20331,12
	PAFt	%	23,47%
	PAFo	%	0,26%
	AVS	Graus	26,97
	AHS	Graus	3,57
	FF	Adimensional	0,20
	FA	Adimensional	0,09
Resultados	IC - ZB3	86,32	
	IcmaxD - ZB3	111,97	
	Icmin - ZB3	85,28	
	i	6,67	
	Limites A	91,95	
	Limites B	91,96	98,62
	Limites C	98,63	105,29
	Limites D	105,30	111,97
	Limites E	111,98	
	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA	A	
	Com os pré-requisitos:	A	
	EqNumEnv	5	



### 6.1.2 Sistema de Iluminação

Apesar de não ter sido avaliado o sistema de iluminação da torre comercial, a título de informação, para que seja classificado com nível A, é necessário que sejam atendidos alguns limites máximos de densidade de potência instalada para que os ambientes também sejam classificados com nível A.

Assim, pelo método dos ambientes, deve-se respeitar o limite máximo, de densidade conforme a tabela 14, apresentada a seguir.

**Tabela 14 - Limites máximos de densidade de potência instalada para atendimento do nível A de classificação**

Ambiente	Densidade de potência máxima (W/m <sup>2</sup> )
Escritório	11,9
Banheiros	5
Circulação	7,1
Escadas	7,4

Fonte: Autor

### 6.1.3 Sistema de condicionamento de ar

Para que o sistema de condicionamento de ar também atinja o nível máximo de classificação, e como o edifício foi projetado para que cada sala possua seu próprio equipamento, recomenda-se que os aparelhos instalados nas unidades sejam classificados com o nível A pelo programa brasileiro de etiquetagem. Dessa forma, certamente a classificação final desse sistema será Nível A, contribuindo para que a edificação também obtenha essa mesma classificação.

## 6.2 Torre Residencial

### 6.2.1 Envoltória

Inicialmente serão abordados os pré-requisitos de absorvência, transmitância térmica e iluminação natural. Tais problemas que, mesmo no caso de a edificação já construída, são simples de serem resolvidos e geram uma melhoria significativa na classificação. Entretanto, a recomendação é que estes tipos de decisões sejam tomadas no momento da concepção do projeto, para que o custo de implementação das melhorias seja reduzido.

Para as alterações, foi realizado um panorama geral das modificações necessárias para sugerir as mudanças. Iniciando-se pela mudança da cor da cobertura para uma cor clara ( $\alpha < 0,50$ ). Para melhores efeitos térmicos, escolheu-se a cor branco neve da categoria de tintas acrílicas, que possui absorvência de 0,102, segundo o Anexo V do RAC. A tinta acrílica foi escolhida pelo uso da pintura ser externo. Já a cor branca foi escolhida pois é a que oferece melhor resultado.

Notou-se novamente que a simples mudança na cor resulta em melhorias significativas na classificação de todas as tipologias de cobertura, assim como na torre comercial.

No caso das tipologias Tipo, não há mudança a ser sugerida em relação às cores da cobertura, pois essa não é considerada na avaliação. Com isso, os equivalentes numéricos de envoltória, após as modificações na absorvência, estão dispostos na Tabela 15.

**Tabela 15 - Equivalentes numéricos após pintura da cobertura da Torre Residencial**

Tipologia		EqNumEnv ( $\alpha = 0,715$ )			EqNumEnv ( $\alpha = 0,102$ )			Nova Classificação	Percentual de Melhoria
		Verão	Inverno	Nota final	Verão	Inverno	Nota final		
Cobertura	1	1,97	3	2,34	3	3,52	3,19	C	27%
	2	1,97	3	2,34	3	3,52	3,19	C	27%
	3	1,62	3	2,12	3	3,52	3,19	C	34%
	4	1,62	3	2,12	3	3,52	3,19	C	34%

Nota-se que com essa simples mudança de cores, o percentual de melhoria na nota de classificação melhorou 27% para as tipologias 1 e 2 e 34% para as tipologias 3 e 4. Mesmo assim, as tipologias seguem com classificação C e são necessárias mais intervenções para melhorar a classificação.

Pela análise dos dados, observa-se que o pré-requisito de iluminação natural não foi atendido. Na edificação, as janelas possuem venezianas verticais, que provocam a obstrução de metade da passagem de Sol na janela. Por isso, optou-se pela utilização de venezianas horizontais que aumentam em duas vezes o percentual de abertura efetivo das janelas dos ambientes. Dessa forma, o pré-requisito seria atendido.

Diferentemente das melhorias para a absorvência de cobertura, as UHs Tipo também receberam mudanças na avaliação desse pré-requisito. Observa-se melhorias significativas na classificação das unidades habitacionais, como é possível observar na Tabela 16. Nessa Tabela também foram verificadas as melhorias em relação aos resultados obtidos anteriormente pelas mudanças realizadas na cobertura. Portanto, a coluna de percentual de melhoria acumulada é a soma dos percentuais de melhoria na nota, considerando as duas intervenções.

**Tabela 16 - Resultados após o atendimento do requisito de absorvência, Iluminação Natural, Percentual de melhoria e Percentual de melhoria acumulado**

Tipologia		EqNumEnv (α = 0,102)			Atendimento ao Requisito de Iluminação			Nova Classificação	Percentual de Melhoria	Percentual de Melhoria acumulado
		Verão	Inverno	Nota final	Verão	Inverno	Nota final			
Cobertura	1	3	3,52	3,19	3,48	3,79	3,59	B	11%	38%
	2	3	3,52	3,19	3,48	3,79	3,59	B	11%	38%
	3	3	3,52	3,19	3,35	4	3,58	B	11%	44%
	4	3	3,52	3,19	3,35	3,86	3,53	B	10%	43%
Tipo	1	3	4,03	3,37	3,48	4,65	3,9	B	14%	14%
	2	3	4,03	3,37	3,48	4,65	3,9	B	14%	14%
	3	3	4,03	3,37	3,35	4,65	3,68	B	8%	8%
	4	3	4,03	3,37	3,35	4,65	3,68	B	8%	8%

Através dessa tabela, percebe-se que os equivalentes numéricos da envoltória de todas as tipologias melhoraram para o nível B.

Na tentativa de obtenção da classificação A da envoltória, foram feitas algumas simulações na planilha de avaliação de UHs. Tratando-se de tipologias de cobertura e tipo, é muito difícil que a envoltória atinja a classificação máxima pelo método prescritivo, que é um método aproximado. Dessa forma, para obtenção do nível A de classificação, foram feitas intervenções para os outros dois sistemas - aquecimento de água e bonificações.

### **6.2.2 Aquecimento de água**

O RTQ-R avalia diferentes tipos de sistema de aquecimento de água, sejam eles sistemas de aquecimento solar, a gás classificados pelo PBE e/ou bombas de calor de alto coeficiente de performance. Se devidamente dimensionados, é possível que os sistemas atendam a totalidade da demanda de água quente em uma UH. Dessa forma, na tentativa do atendimento da classificação nível A da edificação, foram feitas algumas considerações referentes ao sistema de aquecimento de água.

Primeiramente, é importante deixar claro que, em se tratando-se de uma edificação situada na região Sul, para a obtenção da classificação máxima da edificação, é imprescindível que exista um sistema de aquecimento de água energeticamente eficiente, pois este sistema possui 35% do peso final na nota da classificação.

Tratando-se de uma edificação já existente, a maneira mais viável para obtenção da classificação máxima é o uso de equipamentos de aquecimento de água do tipo gás. Para isso é necessário que os equipamentos sejam avaliados com a classificação Nível A segundo o PROCEL, pois dessa forma, além de economizar energia, proporciona a mesma classificação para a etiquetagem do edifício. Além disso, as tubulações devem atender aos devidos pré-requisitos de isolamento térmico das tubulações e o sistema deve atender a todos os chuveiros instalados na unidade habitacional.

Portanto, para efeitos de cálculo, adotou-se que os aquecedores fossem de passagem com nível A de classificação segundo o PROCEL para que seja realizada a avaliação final da edificação.

Foi realizado o cálculo do dimensionamento do aquecedor seguindo as indicações do manual de aplicação residencial. Para o cálculo utilizou-se a Equação 1, disponível no RTQ-R.

### **Equação 1 - Cálculo da capacidade do aquecedor de passagem**

$$Q = \frac{M_{\max} \cdot c \cdot (T_{\text{consumo}} - T_{\text{água fria}})}{860}$$

**Fonte: RTQ-R**

Onde:

Q: potência útil dos aquecedores

$m_{\max}$ : vazão máxima de água atendida pelo aparelho simultaneamente

c: calor específico da água (1cal/g°C)

$T_{\text{consumo}}$ : temperatura de operação da água, que para a região sul deve ser de no mínimo 40°C,

$T_{\text{água fria}}$ : temperatura da água na tubulação que chega até o aquecedor.

Na residência existem 3 chuveiros, 3 lavatórios, 2 pias (cozinha e churrasqueira) e 1 tanque. Admitiu-se que apenas os chuveiros, os lavatórios e a pia da cozinha são atendidas pelo sistema. Além disso, admitiu-se também que simultaneamente seriam utilizados um chuveiro, um lavatório e a pia, como uso máximo possível simultâneo.

As vazões foram obtidas através da ABNT NBR 5626/1998. Com isso, adotou-se uma vazão para o chuveiro de 12 litros/minuto, para o lavatório 9 litros/minuto e para a pia 6 litros/minuto.

Somando-se as vazões simultâneas temos, 27 litros/minuto. Dessa forma:

- $m_{\max} = 1620 \text{ L/h (27 L/min)}$
- $T_{\text{consumo}} = 40 \text{ °C}$
- $T_{\text{água fria}} = 20 \text{ °C}$

Aplicando-se a Equação 1, obteve-se uma potência mínima necessária de 37,7 kW por apartamento.

### 6.2.3 Bonificações

Para as bonificações da torre residencial, apenas uma intervenção foi realizada para que se obtivesse o alcance das classificações finais da edificação otimizada. Além das bonificações já citadas na avaliação, por ser uma solução simples de ser implementada, indica-se o uso racional de água na edificação.

O regulamento usa a Equação 2 no intuito de proporcionar pequenas contribuições para cada uma das melhorias implementadas que, se somadas, chegam até a 0,2 pontos.

Para diminuir o custo da intervenção, foram realizadas as melhorias que se referem às bacias sanitárias com sistema de acionamento duplo, chuveiros com restrição de vazão e torneiras com o uso de arejadores

Pela Equação 2, retirada do RTQ-R, é possível calcular qual é a contribuição para o aumento da nota de cada uma das bonificações pelo uso racional de água.

#### Equação 2 - Bonificação de uso racional de água

$$b = 0.07 \frac{BS_{ap}}{BS} + 0.04 \frac{BSe}{BS} + 0.04 \frac{CHe}{CH} + 0.02 \frac{Te}{T} + 0.03 \frac{Outros AP}{Outros}$$

Fonte: RTQ-R

Onde:

b: bonificação

BS<sub>ap</sub>: bacias sanitárias atendidas por água pluvial

Bse: bacias sanitárias atendidas por acionamento duplo

BS: número de bacias sanitárias

Ch<sub>e</sub>: chuveiros com restrição de vazão

CH: número de chuveiros

Te: torneiras com arejador

T: número de torneiras

Outros ap: pontos além das bacias sanitárias atendidos por água pluvial

Outros: pontos além das bacias sanitárias possíveis de serem atendidos por água pluvial

Como solução, foram adotados acionadores duplos para as bacias sanitárias que rendem um aumento de 0,04 pontos, redutores de vazão para os chuveiros que também rendem 0,04 pontos e por fim, arejadores para as torneiras que rendem 0,02 pontos. Dessa forma, totalizou-se 0,1 pontos a mais na classificação.

Dessa forma, além das bonificações já avaliadas, somando-se à economia de água, obteve-se uma bonificação de 0,52 pontos para as tipologias de cobertura e 0,40 pontos para as tipologias Tipo.

#### 6.2.4 Classificação Final

Dadas as intervenções descritas (absortância da cobertura, iluminação natural, aquecimento de água, e bonificações), através da Tabela 17 é possível observar a melhoria obtida para todas as tipologias.

**Tabela 17 - Classificação final da edificação otimizada**

Tipologia		Envoltória	Aquecimento de Água	Bonificações	Fator de Correção	Equivalente numérico	Classificação Final
Cobertura	1	3,59	5	0,52	0,65	4,61	A
	2	3,59	5	0,52		4,61	A
	3	3,58	5	0,52		4,60	A
	4	3,53	5	0,52		4,57	A
Tipo	1	3,90	5	0,4		4,69	A
	2	3,90	5	0,4		4,69	A
	3	3,82	5	0,4		4,63	A
	4	3,82	5	0,4		4,63	A

Fonte: Autor

Nota-se que através das intervenções propostas, foi possível obter a classificação nível A em todas as tipologias da edificação residencial.

## 7. ANÁLISE ECONÔMICA

Para quantificar o custo das intervenções propostas para melhoria na classificação da edificação, realizou-se uma pesquisa de mercado em empresas e lojas especializadas, a fim de se obter os valores dos equipamentos, dos materiais e da mão de obra necessária para compor o custo das melhorias.

### 7.1 Torre Comercial

#### 7.1.1 Cobertura

Para a análise de custos da envoltória, primeiramente foi realizado o orçamento a fim de investigar qual é o valor da cobertura existente e sem que fosse realizada nenhuma intervenção. Posteriormente, foi realizado o orçamento dos materiais e mão de obra necessários para implantação das soluções.

Através das composições da TCPO, foi realizada a estimativa de custos de da cobertura atual. Foram consideradas duas composições. Uma para a estrutura de madeira da cobertura e outra para as telhas de fibrocimento. As composições estão discriminadas nas Tabelas 18 e 19 e os valores obtidos estão dispostos na Tabela 20 e Tabela 21

**Tabela 18 – Composição de estrutura de madeira para telha de fibrocimento**

Descrição	Unidade	Coef. (m <sup>2</sup> /unidade)	Preço unitário (R\$)
Ajudante de carpinteiro	h	0,9	5,64
Carpinteiro	h	0,9	6,86
Madeira bruta peroba	m <sup>3</sup>	0,0102	3091,58
Prego com cabeça 18 x 27	kg	0,12	6,84

Fonte: TCPO

**Tabela 19 - Composição para a colocação da telha de fibrocimento**

Descrição	Unidade	Coef (m <sup>2</sup> /unidade)	Preço unitário (R\$)
Ajudante de telhadista	h	0,14	5,64
Telhadista	h	0,14	6,86
Telha de fibrocimento ondulada 4 mm	m <sup>2</sup>	1,19	11,32
Prego com cabeça 18 x 27	un	2,88	0,06
Arruela plástica para prego 18x27	un	2,88	0,08

Fonte: TCPO



**Tabela 20 - Valor da estrutura atual da cobertura da torre comercial**

Descrição	Preço unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Ajudante de carpinteiro	5,64	R\$ 2.675,97
Carpinteiro	6,86	R\$ 3.254,81
Madeira bruta peroba	3091,58	R\$ 16.624,16
Prego com cabeça 18 x 27, 62,1 mm	6,84	R\$ 432,71
<b>Total mão-de-obra</b>	R\$ 5.930,78	
<b>Total Materiais</b>	R\$ 17.056,86	
<b>Encargos Sociais</b>	129,34%	
<b>Total (sem taxas)</b>	R\$ 22.987,64	
<b>Valor dos Encargos Sociais</b>	R\$ 7.670,86	
<b>Valor Total</b>	<b>R\$ 30.658,50</b>	

Fonte: TCPO

**Tabela 21 - Valor da atual das telhas de fibrocimento da torre comercial**

Descrição	Preço unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Ajudante de telhadista	5,64	R\$ 416,26
Telhadista	6,86	R\$ 506,30
Telha de fibrocimento ondulada esp. 4 mm / largura útil 45 cm	11,32	R\$ 7.101,54
Prego com cabeça 18 x 27, 62,1 mm x Ø 3,4 mm galvanizado	0,06	R\$ 91,10
Arruela plástica para prego 18x27 em fixação de telha de fibrocimento	0,08	R\$ 121,46
<b>Total mão-de-obra, sem taxas (R\$)</b>	R\$ 922,57	
<b>Total outros itens, sem taxas (R\$)</b>	R\$ 7.314,10	
<b>Encargos sociais</b>	129,34%	
<b>Total geral, sem taxas (R\$)</b>	R\$ 8.236,66	
<b>Valor dos encargos sociais</b>	R\$ 1.193,25	
<b>Com taxas:</b>	<b>R\$ 9.429,91</b>	

Fonte: TCPO

Pela facilidade, optou-se apenas por realizar a implantação de isolantes térmicos e pintura das telhas. Foram adaptadas as composições da TCPO de maneira a encontrar uma estimativa do custo de implantação das melhorias.

Para a cobertura comercial, foram realizadas pesquisas de mercado buscando o valor do metro cúbico de Poliestireno Expandido (EPS) com densidade de 9 kg/m³. Três empresas foram consultadas e o menor valor foi o escolhido. Os valores podem ser encontrados na Tabela 22.

**Tabela 22 - Preço do metro cúbico de EPS**

Empresa	"I"	"R"	"T"
Preço por m <sup>3</sup>	R\$ 0,32	<b>R\$ 0,17</b>	R\$ 0,21

Fonte: autor

Para o isolante, foi adotada uma espessura de 4 centímetros e assim, foi possível calcular o valor do material para toda a área, como se pode observar na Tabela 23.

**Tabela 23 - Preço do EPS para a cobertura comercial**

Valor do m <sup>3</sup>	Espessura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Total
R\$ 0,17	0,04	527,20	<b>R\$ 2.287,96</b>

Fonte: autor

Com relação a pintura da cobertura da torre comercial, também foi realizado um orçamento através da TCPO. Dessa forma, foram consultados na bibliografia os valores dos consumos e dos preços por m<sup>2</sup>. Foi adotado como composição, a *“Pintura impermeabilizante sobre superfície de concreto com duas demãos de verniz acrílico à base de solvente da pintura de superfícies de concreto”*, que, frente às outras composições, é a que mais se aproxima do caso de pintura da cobertura objeto deste estudo. A composição está apresentada na Tabela 24.

**Tabela 24 – Composição utilizada para pintura da cobertura**

Descrição	Unidade	Coef (m <sup>2</sup> /unidade)	Preço unitário (R\$)
Ajudante de pintor	h	0,27	R\$ 5,64
Pintor	h	0,54	R\$ 6,86
Primer à base de água acrílico	L	0,2	R\$ 11,99
Solvente para verniz poliuretano	L	0,03	R\$ 10,93
Verniz à base de solvente acrílico	L	0,35	R\$ 29,58

Fonte: TCPO

Com isso, foi possível calcular o valor do serviço de pintura, dos materiais e da mão de obra.

O percentual dos encargos sociais é encontrado no site do SINDUSCON. Os cálculos do valor total da cobertura estão apresentados na Tabela 25.

**Tabela 25 - Valor total da pintura cobertura da torre comercial**

Descrição	Valor Unitário	Valor Total
Ajudante de pintor	5,64	R\$ 802,79
Pintor	6,86	R\$ 1.952,89
Primer à base de água acrílico	11,99	R\$ 1.264,18
Solvente para verniz poliuretano	10,93	R\$ 172,86
Verniz à base de solvente acrílico	29,58	R\$ 5.457,89
<b>Total mão-de-obra</b>	R\$ 2.755,68	
<b>Total materiais</b>	R\$ 6.894,93	
<b>Total geral</b>	R\$ 9.650,61	
<b>Encargos Sociais</b>	129,34%	
<b>Valor dos encargos sociais</b>	R\$ 3.564,19	
<b>Valor Total</b>	<b>R\$ 13.214,80</b>	

Fonte: TCPO

Analisando os dados dispostos, e somando o valor do EPS com o da Pintura, obteve-se um valor total de R\$ 15.502,76 para a implantação da pintura e isolamento térmico na cobertura existente.

Se analisarmos o valor do telhado atual, que foi estimado em R\$ 40.088,41, o valor da implantação das melhorias representa um total de 38,7% do valor da cobertura.

## **7.2 Torre residencial**

### **7.2.1 Envoltória**

#### **7.2.1.1 Cobertura**

Da mesma forma que a torre comercial, foi realizada a mesma estimativa para a torre residencial com relação à cobertura. Os valores obtidos estão dispostos nas Tabelas 26 e 27

**Tabela 26 - Valor da estrutura atual da cobertura da torre residencial**

Descrição	Preço unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Ajudante de carpinteiro	5,64	R\$ 2.531,91
Carpinteiro	6,86	R\$ 3.079,59
Madeira bruta peroba	3091,58	R\$ 15.729,22
Prego com cabeça 18 x 27, 62,1 mm	6,84	R\$ 409,42
<b>Total mão-de-obra</b>	R\$ 5.611,50	
<b>Total Materiais</b>	R\$ 16.138,63	
<b>Encargos Sociais</b>	2175013,21%	
<b>Total (sem taxas)</b>	R\$ 1,29	
<b>Valor dos Encargos Sociais</b>	R\$ 7.257,91	
<b>Valor Total</b>	<b>R\$ 29.008,05</b>	

Fonte: TCPO

**Tabela 27 - Valor da atual das telhas de fibrocimento da torre residencial**

Descrição	Preço unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Ajudante de telhadista	5,64	R\$ 416,26
Telhadista	6,86	R\$ 506,30
Telha de fibrocimento ondulada esp. 4 mm / largura útil 45 cm	11,32	R\$ 7.101,54
Prego com cabeça 18 x 27, 62,1 mm x Ø 3,4 mm galvanizado	0,06	R\$ 91,10
Arruela plástica para prego 18x27 em fixação de telha de fibrocimento	0,08	R\$ 121,46
<b>Total mão-de-obra, sem taxas (R\$)</b>	R\$ 872,90	
<b>Total outros itens, sem taxas (R\$)</b>	R\$ 6.920,35	
<b>Encargos sociais</b>	779325,12%	
<b>Total geral, sem taxas (R\$)</b>	R\$ 1,29	
<b>Valor dos encargos sociais</b>	R\$ 1.129,01	
<b>Valor Total</b>	<b>R\$ 8.922,26</b>	

Fonte: TCPO

Com relação ao isolamento térmico, os valores do m³ do EPS e composições da pintura da cobertura, já foram apresentados no 7.1.1. Dessa forma, foi alterado o valor da área da cobertura nas planilhas para 498,80 m². Portanto, o valor da implementação do EPS está apresentado na Tabela 28 e o custo da pintura está na Tabela 29.

**Tabela 28 - Preço do EPS para a cobertura residencial**

Valor do m <sup>2</sup>	Espessura (cm)	Área	Total
R\$ 4,34	4	498,80	<b>R\$ 2.164,79</b>

Fonte: autor

**Tabela 29 - Valor total da pintura cobertura da torre residencial**

Descrição	Valor Unitário	Valor Total
Ajudante de pintor	5,64	R\$ 759,57
Pintor	6,86	R\$ 1.847,75
Primer à base de água acrílico	11,99	R\$ 1.196,12
Solvente para verniz poliuretano	10,93	R\$ 163,56
Verniz à base de solvente acrílico	29,58	R\$ 5.164,08
<b>Total mão-de-obra, sem taxas (R\$):</b>	R\$ 2.607,33	
<b>Total outros itens, sem taxas (R\$):</b>	R\$ 6.523,76	
<b>Total geral, sem taxas (R\$):</b>	R\$ 9.131,08	
<b>Encargos Sociais</b>	129,34%	
<b>Valor dos encargos sociais</b>	R\$ 3.372,32	
<b>Valor Total</b>	<b>R\$ 12.503,40</b>	

Fonte: Autor

Analisando os dados e somando-se o valor do EPS com o da Pintura, foi obtido o valor total de R\$ 14.791,36 para a implantação da pintura e do isolamento térmico sugerido.

Se analisarmos o valor de implantação do telhado comum, que foi estimado em R\$ 37.930,31, o valor da implantação das melhorias representa um total de 38,7% do valor da cobertura.

### 7.2.1.2 Esquadrias

Outra intervenção necessária na torre residencial é a mudança das esquadrias dos apartamentos por sistemas que possuam venezianas horizontais. Para isto, foram realizados orçamentos com três empresas para se obter o custo dos materiais e implementação das soluções. Foram realizados orçamentos de venezianas horizontais e verticais para se investigar a diferença de custo de implantação das duas.

Ao todo, foram orçadas 132 janelas, referentes a 3 dormitórios de 44 apartamentos. A empresa “R” foi escolhida por possuir um valor inferior ao das outras empresas.

Os orçamentos obtidos estão dispostos na Tabela 30.

**Tabela 30 - Orçamentos das esquadrias de venezianas horizontais**

Esquadria		Empresa		
		"R"	"Z"	"B"
Veneziana Vertical	Preço por Janela	R\$ 1.148,69	R\$ 1.190,52	R\$ 1.285,76
	Preço total	R\$ 151.627,20	R\$ 157.148,64	R\$ 169.720,53
Veneziana horizontal	Preço por Janela	R\$ 1.785,56	R\$ 1.841,04	R\$ 1.928,40
	Preço total	R\$ 235.694,00	R\$ 243.017,28	R\$ 254.549,52

Fonte: Autor

Analisando os valores obtidos, percebe-se que as venezianas horizontais custam 35,7% a mais do que as venezianas verticais.

### 7.2.2 Aquecimento de água

Com o valor da potência do aquecedor (37 kW) e da vazão de água mínima (27 litros), foi realizada uma consulta à tabela de “*Aquecedores de Água a Gás Instantâneos*”, fornecida pelo INMETRO em seu site, para escolher possíveis equipamentos que atendam as especificações.

Foram escolhidos 3 equipamentos de diferentes marcas com vazão e potência semelhantes. Nota-se que a potência dos equipamentos é bem superior ao estimado, no entanto, para atendimento da vazão estimada, é necessário que sejam escolhidos equipamentos de maior capacidade.

Com isso, foi realizada uma pesquisa de preços através de uma consulta aos sites especializados nesse tipo de equipamentos a fim de encontrar o menor preço. O menor valor encontrado (e escolhido) foi de R\$ 3.295,90. Os valores estão dispostos na Tabela 31.

**Tabela 31 - Preço dos equipamentos de aquecimento de água**

Marca	"B"	"L"	"R"
Modelo	GWH 720 CTDE GLP	LZ 3700D	RB3AP36PV
Vazão (L/min)	36	36	36
Potencia (kW)	58,7	58,7	58,1
Menor valor encontrado	R\$ 3.295,90	R\$ 3.331,90	R\$ 3.790,00

Fonte: Autor

Tratando-se da edificação como um todo, é necessário que sejam compradas 44 unidades do equipamento. Logo, multiplicando-se o valor do equipamento mais barato pelo número de unidades, obtém-se o valor total para a edificação, conforme a Tabela 32.

**Tabela 32 - Custo total dos equipamentos de aquecimento de água**

Valor	Unidades	Total
R\$ 3.295,90	44	R\$ 145.019,60

Fonte: autor

### 7.2.3 Bonificações

Para as bonificações, foi realizada uma pesquisa de mercado via internet, dos valores dos equipamentos de economia de água. Foram encontrados diversos modelos. No entanto, priorizaram-se equipamentos de bom acabamento, peças cromadas, por tratar-se de um edifício de alto padrão.

#### 7.2.3.1 Válvulas de descarga de acionamento duplo

As válvulas de descarga podem ser tanto de parede quanto de caixa acoplada. Os valores obtidos foram praticamente iguais para os equipamentos, mudando apenas R\$ 0,02 de uma peça para outra. Dessa forma, o orçamento foi calculado como se os equipamentos fossem os mesmos.

A quantidade de peças é referente à adaptação de 3 vasos sanitários por apartamento (suíte, BWC social e BWC de serviço), totalizando 132 peças. Os dados estão dispostos na Tabela 33.

**Tabela 33 - Valores das válvulas de acionamento duplo**

Equipamento	Apartamentos	Equipamento por apartamento	Total de peças	Valor Unitário	Valor por apartamento	Valor total
Válvula de Parede	44	3	132	R\$ 32,99	R\$ 98,97	R\$ 4.354,68

Fonte: Autor

### 7.2.3.2 Redutores de pressão nos chuveiros

Para os redutores de pressão nos chuveiros, foram encontrados valores tanto para os chuveiros com o redutor integrado, quanto apenas o preço do adaptador. Tratando-se de uma edificação já construída, optou-se pela escolha dos adaptadores. O número de equipamentos também se refere a três banheiros por apartamento. Os dados estão dispostos na Tabela 34.

**Tabela 34 - Valores dos redutores de pressão nos chuveiros**

Equipamento	Apartamentos	Equipamento por apartamento	Total de peças	Valor Unitário	Valor por apartamento	Valor total
Redutor Chuveiro	44	3	132	R\$ 13,60	R\$ 40,80	R\$ 1.795,20

Fonte: autor

### 7.2.3.3 Arejadores de torneira

Para os arejadores de torneiras, foi sugerida a utilização de adaptadores comuns para os lavatórios adaptadores articulados para as pias. Existem 3 lavatórios nos apartamentos referentes aos 3 banheiros e 3 pias referentes à cozinha, à área de serviço e à churrasqueira. Os dados estão disponíveis na Tabela 35.



**Tabela 35 - Valores dos arejadores de torneiras para lavatórios e pias**

Equipamento	Apartamentos	Equipamento por apartamento	Total de peças	Valor Unitário	Valor por apartamento	Valor total
<b>Arejador Lavatórios</b>	44	3	132	R\$ 13,95	R\$ 41,85	<b>R\$ 1.841,40</b>
<b>Arejador para Pias (Com Direcionador)</b>	44	3	132	R\$ 28,50	R\$ 85,50	<b>R\$ 3.762,00</b>

Fonte: autor

### 7.3 Valor total

De posse dos orçamentos e valores estimados para atendimento das modificações sugeridas, nesta seção será exposto um resumo de todas as intervenções, relacionando-o com o custo total da obra. Os valores das intervenções estão dispostos na Tabela 36.

**Tabela 36 - Resumo dos valores das intervenções**

Torre Comercial	
Equipamento	Valor total
EPS	R\$ 2.287,96
Pintura	R\$ 13.214,80
<b>Total</b>	<b>R\$ 15.502,76</b>
Torre Residencial	
Equipamento	Valor total
EPS	R\$ 2.164,79
Pintura	R\$ 12.503,40
Veneziana horizontal	R\$ 235.694,00
Aquecedor de agua	R\$ 145.019,60
Válvula de Parede	R\$ 4.354,68
Válvula de Parede	R\$ 4.354,68
Redutor Chuveiro	R\$ 1.795,20
Arejador Lavatórios	R\$ 1.841,40
Arejador para Pias	R\$ 3.762,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 411.489,75</b>

Fonte: autor

A fim de comparar o valor percentual das intervenções, frente ao valor total da edificação, foi realizada uma estimativa do custo total da obra. Como o edifício foi construído em 2004, utilizou-se do valor do CUB médio daquele ano que, para as edificações comerciais foi de R\$ 762,96 e para as residenciais foi de R\$ 777,81. O fator de correção IPCA acumulado de 2004 até 2016 foi de 2,040934828. A Tabela 37 mostra os valores corrigidos de construção da edificação.

**Tabela 37 - Correção de valores do CUB e custo total das torres comercial e residencial total e por unidade**

<b>Torre</b>	<b>Comercial</b>	<b>Residencial</b>
CUB 2004	R\$ 762,96	R\$ 777,81
Valor Corrigido pelo IPCA	R\$ 1.557,15	R\$ 1.587,46
Área Construída (m²)	7.077,29	7.866,75
<b>Custo total da obra</b>	<b>R\$ 11.020.413,70</b>	<b>R\$ 12.488.147,17</b>
<b>Custo total por unidade</b>	<b>R\$ 71.561,13</b>	<b>R\$ 283.821,53</b>

Por fim, considerando-se o custo global da edificação, os custos das intervenções, é possível determinar o valor que cada uma das intervenções representa no custo total da obra. Através da Tabela 38 é possível observar o valor percentual em relação ao custo total da obra e qual é o custo total por unidade comercial e residencial.

**Tabela 38 – Percentual do custo das intervenções, valor total por unidade e custo das unidades com as modificações**

<b>Torre</b>	<b>Comercial</b>	<b>Residencial</b>
<b>Custo Total das modificações</b>	R\$ 15.502,76	R\$ 411.489,75
<b>Valor estimado da Obra</b>	R\$ 11.020.413,70	R\$ 12.488.147,17
<b>Número de Unidades</b>	154	44
<b>Valor por unidade</b>	<b>R\$ 100,67</b>	<b>R\$ 9.352,04</b>
<b>Custo por unidade com modificações</b>	<b>R\$ 71.661,80</b>	<b>R\$ 293.173,57</b>
<b>Percentual do custo em relação a obra</b>	<b>0,14%</b>	<b>3,30%</b>

Fonte: Autor

## 8. CONCLUSÕES

Esse estudo avaliou uma edificação já existente através do programa brasileiro de etiquetagem, propôs as melhorias necessárias para o alcance do nível A de classificação e estimou o custo necessário para implantação dessas melhorias em uma torre comercial e outra residencial. Foram analisadas, primeiramente as intervenções e posteriormente o custo de implantação a fim de estimar o valor investimento necessário.

O edifício comercial mostrou-se energeticamente eficiente. No entanto sua classificação foi penalizada em 5 níveis, caindo de A para E, por possuir uma cobertura ineficiente. Com mudanças simples na cobertura, foi possível reverter a situação e classifica-lo com nível A.

Já em relação à torre residencial, a envoltória mostrou-se energeticamente ineficiente, com coeficientes próximos a classificação E. Com as intervenções, foi possível alcançar o nível B de classificação da envoltória. Pelos resultados obtidos, pelo método prescritivo, não foi possível classificar a edificação com nível A para tipologias analisadas.

Com relação a análise econômica, foram verificados os cenários de mudanças da edificação já construída. Cabe ressaltar que as intervenções são mais coerentes e lucrativas se realizadas durante a etapa de formulação do projeto. Dessa forma, as soluções são planejadas e os custos reduzidos.

A primeira impressão, os valores das intervenções mostraram-se aproximadamente 40% maiores que se comparados aos custos dos componentes já existentes no edifício, o que de certa forma parece ser um custo relativamente alto. No entanto, em relação à estimativa do custo total de construção do edifício, os valores se mostraram praticamente irrelevantes, sendo 0,14% para a torre comercial e 3,30% para a torre residencial.

É importante ressaltar que, edificações certificadas possuem um potencial de valorização no imóvel, ou seja, para construtores, investidores, e proprietários, as certificações energéticas tornam-se vantajosas e lucrativas no que diz respeito ao mercado imobiliário.

Por fim, como reflexão, de nada adiantam estudos dessa magnitude, análises técnicas e econômicas se a cultura dos usuários não for alterada. Deve-se evitar desperdícios de energia e água. Os gastos governamentais por conta desses

desperdícios chegam à casa de bilhões de reais, que mostra o quanto progresso ainda é necessário. A conscientização da população ainda é o ponto mais importante para diminuir os gastos para os usuários e para o país.

### **8.1 Sugestão para trabalhos futuros**

- Estimar do potencial de economia de energia em edificações já construídas através de propostas de melhorias e simulação computacional.
- Estudos de caso em edificações comerciais de uso público como escolas, hospitais e shoppings centers.
- Estudar a aplicabilidade e viabilidade econômica em edificações de diferentes padrões de acabamento.
- Estudo de possibilidade de alcance do nível A pelo método prescritivo de tipologias de cobertura e tipo de edificações já construídas.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

BEN. Balanço Energético Nacional. 2015. Disponível em: <[https:// ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2015.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf) >. Acessado em: 18 outubro de 2016.

BOTTAMEDI, Mariana Garnica. **Avaliação da eficiência energética de hotéis de quatro estrelas em florianópolis: aplicação do programa de etiquetagem de edificações**. 2011. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BRANDALISE, Mariane et al. Análise da sensibilidade do método prescritivo do rtq-c quanto à variação de densidade de carga interna. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais**. Maceió, 2014. v. 6, p. 149 - 158. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper\\_149.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_149.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2016.

BRASIL. Decreto no 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001b. Disponível em: <[www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto% 20nº%204.059-2001.html](http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20nº%204.059-2001.html)>. Acesso em: 17 mar. 2016

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria 372, de 17 de setembro de 2010. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria 18, de 16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da**

**Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais.** Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL, 2009. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria 185, de 22 de junho de 2009. **Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**

BRASIL. Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: [www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf](http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf). Acesso em: 17 mar. 2016

BREMER, Cynara Fiedler et al. AVALIAÇÃO DAS PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE ADOTADAS EM EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE BELO HORIZONTE. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 05, n. 01, p.1-10, jan. 2013. Semestral. Disponível em: <http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/1683/1058>. Acesso em: 13 fev. 2016.

CARLO, Joyce Correna. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envolvimento de Edificações Não-residenciais.** 2008. 196 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CARVALHO, Carolina Rocha et al. Análise da viabilidade de aplicação do método prescritivo do  $rtq-c$  para avaliar o nível de eficiência energética da envoltória em edificações comerciais com área total inferior a 500 m<sup>2</sup>. In: ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2013, Brasília. **Anais**. Brasília, 2013.

CRUZ, Juliana et al. **Classificação Energética dos meios de hospedagem pelos regulamentos técnicos de qualidade - RTQs.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XV, 2014, Maceió.

**INOVAÇÕES NOS IMÓVEIS RESIDENCIAIS NA PERSPECTIVA DO CONSUMIDOR.** [s. L.]: IBRE, v. 12, n. 2, 2014. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/cc/article/viewFile/41035/39794>>. Acesso em: 14 fev. 2016.

LAGO, André Aranha Corrêa do. **Estocolmo, Rio, Johannesburg: o brasil e as três conferências ambientais das nações unidas.** Brasília: Funag, 2006. 274 p.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Rutkay. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 3. ed. Florianópolis, 2004. 366 p.

SCALCO, Veridiana A. et al. Análise do potencial de economia baseado em edificações comerciais etiquetadas. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais.** Maceió, 2014. v. 6, p. 375 - 384. Disponível em: <[www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper\\_375.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_375.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2016.

TCPO. **Tabela de Composições de Preços para Orçamentos.** São Paulo: PINI 2014. 441p